

Modelado de información y digitalización de las linternas  
de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla

TRABAJO FIN DE GRADO  
GRADO EN EDIFICACIÓN



Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería de Edificación  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería en la Edificación  
Universidad de Sevilla



Escuela Técnica Superior de  
**Ingeniería de Edificación**

Alumno: Francisco Javier Ornia Nuñez  
Tutores: Fernando Rico Delgado  
David Marín García



Sevilla, enero de 2019



Trabajo Fin de Carrera  
Grado en Edificación

# **Modelado de información y digitalización de las linternas de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla**

Autor:  
Francisco Javier Ornia Nuñez

Tutor:  
Fernando Rico Delgado  
David Marín García

Dpto. de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, enero 2019





*A mi familia, con especial  
mención a mi abuelo Manuel.  
A mis maestros.*



# Agradecimientos

---

Gracias a mi familia, por la educación que me han dado, por ser un apoyo constante todos estos años, por ser tan pacientes y confiar en mis posibilidades. A todas las personas que han estado a mi lado, a las que siguen y a las que marcharon, que me han ayudado en esos momentos no tan buenos a lo largo de mis estudios, sin ellos esta etapa no habría sido lo mismo.

Agradecer a mis tutores Fernando y David, por descubrirme este apartado innovador dentro de esta bella profesión, por la ayuda constante sin la que este trabajo no habría salido adelante; al departamento de Ingeniería gráfica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Sevilla, en especial a Enrique Nieto, por la ayuda con el procesado de los resultados.

Y por último a mi abuelo Manuel, por saber encontrar antes que nadie la persona que soy hoy.

GRACIAS.

A todos.



El presente trabajo de fin de grado buscará la recuperación, conservación y divulgación de una serie de lucernarios existentes en las cubiertas de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla. Tratándose de uno de los edificios más emblemáticos, a nivel europeo y nacional, del siglo XVIII hasta la actualidad, se elaborará un estudio orientado a la puesta en valor de estos elementos arquitectónicos. Para alcanzar este objetivo se realizarán levantamientos mediante el empleo de la fotogrametría y la implementación de la metodología BIM. Pretendiendo con ello realizar el levantamiento arquitectónico a través de la generación de una nube de puntos, llevándola al entorno BIM con objeto de obtener la base para la aplicación de tareas de mantenimiento preventivo, gestión y divulgación de los lucernarios.

Se tomarán como objeto de estudio dos de los siete lucernarios originales, situados en las cubiertas del actual Rectorado de la Universidad de Sevilla, fechados a mediados del siglo XVIII. De estilo barroco sevillano, los cuales poseen un diseño exquisito.

Para ello se fragmentará el trabajo en las siguientes partes:

**PRIMERA PARTE.** Introducción Justificativa, Análisis Histórico y Constructivo de los Lucernarios de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla. Este primer apartado introduce la base donde se abordarán los términos generales y los análisis histórico y constructivo sobre las linternas.

**SEGUNDA PARTE.** Metodología para el levantamiento de las Linternas de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla. Este segundo apartado se centrará en la elaboración de levantamientos con la aplicación de tres métodos. El primero, se trata de un levantamiento planimétrico de forma tradicional; el segundo, mediante la aplicación de la fotogrametría; y el tercero, a través de la metodología BIM.

**TERCERA PARTE.** Conclusiones a los métodos y futuras líneas de investigación. Conclusiones al resultado de la experiencia con los diferentes métodos utilizados para la generación de modelos de información.

**CUARTA PARTE.** Bibliografía y Webgrafía consultada para la realización de este trabajo de fin de grado.

**ANEXOS.** Planimetría generada mediante los diferentes métodos empleados.



This end-of-degree work will seek the recovery, conservation and dissemination of a series of existing skylights on the roofs of the former Royal Cigar factory in Seville. In the case of one of the most emblematic buildings, at European and national level, from the 18th century to the present day, a study aimed at the setting in value of these architectural elements will be developed. To achieve this objective, surveys will be carried out using photogrammetry and the implementation of the BIM methodology. Pretending with it to carry out the architectural uplift through the generation of a cloud of points, taking it to the BIM environment to obtain the basis for the application of preventive maintenance tasks, management and dissemination of the skylights.

Two of the seven original skylights, located in the roofs of the current rector ship of the University of Seville, will be taken as an object of study, dated in the mid-eighteenth century. Baroque-style Sevillian, which have an exquisite design.

This will fragment the work in the following parts:

**FIRST PART.** Justification introduction, historical and constructive analysis of the skylights of the former Royal Cigar Factory of Seville. This first section introduces the base where the general terms and the historical and constructive analyses on the lanterns will be addressed.

**SECOND PART.** Methodology for the lifting of the lanterns of the old Royal Cigar Factory of Sevilla. This second section will focus on the elaboration of surveys with the application of three methods. The first, it is a planimetric uprising in a traditional way; The second, through the application of photogrammetry; And the third, through the BIM methodology.

**THIRD.** Conclusions to the methods and future lines of research. Conclusions to the result of the experience with the different methods used for the generation of information models.

**QUARTER.** Bibliography and Webgraphy consulted for the accomplishment of this work of end of degree.

**ANNEXES.** Planimetry and three-dimensional models generated.

... -translation by Collins dictionary-

# Índice de Contenidos

---

Agradecimientos .....	vii
Resumen .....	ix
Abstract .....	xi

<b>PRIMERA PARTE.</b> Introducción, Análisis Histórico y Constructivo de las Linternas de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla.....	1
--	---

<b>Capítulo 1. Introducción Justificativa.....</b>	1
--	---

1.1. Objeto del trabajo .....	1
1.2. Justificación del tema elegido .....	1
1.3. Acreditación de atribuciones profesionales .....	2
1.4. Estado de la cuestión .....	2
1.5. Catalogación Urbanística .....	4
1.5.1. Obtenida en la base de datos de Patrimonio Inmueble de Andalucía, del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Conserjería de Cultura. ....	4
1.5.2. Obtenida en el PGOU .....	5

<b>Capítulo 2. Breve Análisis Histórico .....</b>	6
---	---

2.1. Contexto Histórico .....	6
2.2. La construcción de la Real Fábrica de Tabacos .....	6
2.3. Adecuación de la Real Fábrica para uso universitario .....	14

<b>Capítulo 3. Análisis Constructivo .....</b>	17
--	----

3.1. Conceptos previos.....	17
3.2. Descripción de las Linternas .....	18
3.3. La Fábrica Cerámica.....	20
3.3.1. Términos Básicos.....	20
3.3.2. Contexto Histórico .....	21
3.3.3. Linternas Cerámicas .....	22
3.4. La Fábrica Pétreo.....	25
3.4.1. Las rocas .....	25
3.4.2. Linternas de Sillería.....	26

<b>SEGUNDA PARTE.</b> Metodología para el Levantamiento de las Linternas de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla .....	28
---	----

<b>Capítulo 1. Introducción a los Métodos.....</b>	28
--	----

1.1. El Método Tradicional.....	28
1.2. La Fotogrametría.....	29



1.3.	La Metodología BIM.....	30
<b>Capítulo 2. Levantamiento Tradicional .....</b>		<b>31</b>
2.1.	Trabajo de Campo .....	31
2.2.	Trabajo de Gabinete .....	32
<b>Capítulo 3. El Levantamiento Fotogramétrico .....</b>		<b>33</b>
3.1.	Software utilizado .....	33
3.2.	Trabajo de Campo .....	33
3.3.	Trabajo de Gabinete .....	34
<b>Capítulo 4. Levantamiento por Metodología BIM .....</b>		<b>38</b>
4.1.	Escaneado de la cubierta por tecnología laser .....	38
4.2.	Manipulación de nube de puntos con <i>Autodesk ReCap Pro</i> .....	40
4.3.	Modelaje de la linterna con Autodesk Revit .....	42
4.3.1.	Inicio del Proyecto .....	43
4.3.2.	Modelaje de los Pilares.....	44
4.3.3.	Conexiones entre pilares .....	47
4.3.4.	Modelaje de la Cúpula .....	47
4.3.5.	Creación de carpinterías.....	48
4.3.6.	Modelaje de pequeños elementos ornamentales.....	49
<b>TERCERA PARTE. Conclusiones Metodológicas tras la generación de los modelos de la Linterna de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla .....</b>		<b>51</b>
<b>CONCLUSIONES. Modelo Fotogramétrico .....</b>		<b>51</b>
<b>CONCLUSIONES. Modelo de Información BIM .....</b>		<b>52</b>
<b>Futuras Líneas de Investigación .....</b>		<b>53</b>
<b>CUARTA PARTE. Bibliografía y Webgrafía consultada. ....</b>		<b>54</b>
<b>Índice Bibliográfico .....</b>		<b>54</b>
<b>Webgrafía.....</b>		<b>55</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>56</b>
<b>Anexo I. Plano 1 de Linterna L7 por método tradicional .....</b>		<b>57</b>
<b>Anexo II. Plano 2 de Linterna L7 por método tradicional .....</b>		<b>58</b>
<b>Anexo III. Plano de Linterna L7 por fotogrametría .....</b>		<b>59</b>
<b>Anexo IV. Plano de Linterna L1 por metodología BIM .....</b>		<b>60</b>

## PRIMERA PARTE

### Introducción, Análisis Histórico y Constructivo de las Linternas de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla

---

## Capítulo 1. Introducción Justificativa

*Lo que es pasado es prólogo*

- William Shakespeare -

### 1.1. Objeto del trabajo

El objetivo primordial de este trabajo será la investigación, conservación y difusión de las linternas situadas en las cubiertas de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla. Por consiguiente, este documento abordará un análisis histórico y documental, un estudio constructivo de los elementos arquitectónicos y una integración de nuevos métodos para su preservación. Podríamos señalar esta última como objetivo secundario, para que la información que aquí se exponga pueda suponer un modelo fiable de información que sirva de base para futuras intervenciones sobre las linternas.

Se establece también como objeto incentivar a la Universidad de Sevilla, siendo la propietaria del inmueble, para la intervención y restauración de unos elementos con alto atractivo histórico, artístico y estético. Estando integrados en un edificio catalogado como Bien de Interés Cultural (BIC) y perteneciendo al Patrimonio Histórico de España, es por tanto que, su estado de protección se encuentra amparado por la vigente normativa en referencia a la defensa del patrimonio histórico.

### 1.2. Justificación del tema elegido

La elección de esta materia tiene para mi persona un carácter académico, concebir este trabajo me servirá para la adquisición de unos valiosos conocimientos en materia de conservación y restauración del patrimonio histórico y cultural. Además, el uso y estudio de los sistemas digitales BIM suponía un reto personal, debido al desconocimiento que disponía sobre esta metodología de trabajo.

Además, la decisión también fue motivada por la gratitud que merece a mi persona, la *Dirección General de Infraestructuras* de la *Universidad de Sevilla*. Entidad con la que realicé las prácticas curriculares y extracurriculares, durante este periodo se me puso en conocimiento del deplorable estado de conservación de los lucernarios. Por consiguiente, la actual directora del secretariado me realizó la propuesta para elaborar este trabajo, mostrándome una serie de fotografías consiguió llamar mi atención al respecto. Con ello lograría satisfacer sendos objetivos.

La elección de los temas para la realización de un trabajo de fin de grado siempre es una labor bastante compleja y delicada. Pero no me quedó duda, comparando las fotografías actuales, que me mostró D. <sup>a</sup> María Rosario Chaza Chimenó, con las existentes en las diferentes publicaciones consultadas, aprecié el impactante deterioro sufrido por estos elementos arquitectónicos. Desde ese momento decidí realizar una propuesta para dar a conocer, despojándolos del olvido, estos bellísimos exponentes de la arquitectura barroca sevillana del siglo XVIII.

El edificio ya despertó en mí el asombro y admiración. Decidí abordar el tema propuesto gracias a las numerosas visitas al edificio, realizadas durante mis prácticas. En este periodo aprendí a valorar la trascendencia histórica de los bienes inmuebles. Sin duda resultó un suceso significativo para la orientación de mi futuro profesional y laboral. Pudiendo realizar una visita a las cubiertas de la Real Fábrica, visualicé en primera persona la magnitud del deterioro que han sufrido estos elementos arquitectónicos con el paso de los años y el abandono. No pudiendo ignorar este acontecimiento, comprendí en ese momento la inestimable labor que desempeñan los técnicos encargados de la conservación del patrimonio histórico, deseando contribuir con esta tarea.

### 1.3. Acreditación de atribuciones profesionales

Empecemos haciendo referencia a la Ley 12/1986, de 1 de abril, sobre regulaciones de las atribuciones profesionales de los Arquitectos e Ingenieros Técnicos. Donde, en su artículo segundo, punto 1, se cita textualmente lo siguiente;

*“Corresponde a los Ingenieros Técnicos, dentro de su respectiva especialidad, las siguientes atribuciones profesionales:*

*a) La redacción y firma de proyectos que tengan por objeto la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de bienes muebles e inmuebles, en sus respectivos casos, tanto con carácter principal como accesorio, siempre que queden comprendidos por su naturaleza y características en la técnica propia de cada titulación.*

*c) La realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planos de labores y otros trabajos análogos.*

*Las atribuciones profesionales que en la presente Ley se reconocen a los Arquitectos e Ingenieros técnicos corresponderán también a los antiguos Peritos, Aparejadores, Facultativos y Ayudantes de Ingenieros, siempre que hubieran accedido o accedan a la especialidad correspondiente de la arquitectura o ingeniería técnica conforme a lo dispuesto en la normativa que regula la utilización de las nuevas titulaciones.”*

Debemos continuar con un extracto de la Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía. En el Título II Conservación y Restauración, encontramos el siguiente artículo:

*“Artículo 22. Requisitos del proyecto de conservación.*

*1. Los proyectos de conservación, que responderán a criterios multidisciplinares, se ajustarán al contenido que reglamentariamente se determine, incluyendo, como mínimo, el estudio del bien y sus valores culturales, la diagnosis de su estado, la descripción de la metodología a utilizar, la propuesta de actuación desde el punto de vista teórico, técnico y económico y la incidencia sobre los valores protegidos, así como un programa de mantenimiento.*

*2. Los proyectos de conservación irán suscritos por personal técnico competente en cada una de las materias.”*

Concluiremos pues que, el técnico con competencia para la redacción del estudio diagnóstico incluyendo su propuesta de intervención, un Arquitecto Técnico estaría capacitado y cualificado para tal fin.

### 1.4. Estado de la cuestión

Para iniciar el trabajo buscaremos concebir una idea general, obtenida con la lectura de las publicaciones que aparecen a continuación, de naturaleza histórica y científica, buscando referencias del propio edificio y de los lucernarios a los que se refiere este documento. Pese a tratarse de un edificio ampliamente investigado y analizado habrá que llevar a cabo una intensa labor de búsqueda para lograr extraer de estas fuentes una base de partida para comenzar.

Tomando como punto de partida la publicación *“Arquitectura Barroca Sevillana del Siglo XVIII”*<sup>1</sup>, de Antonio Sancho Corbacho, nos encontramos un análisis del edificio desde el punto de vista arquitectónico. Tal y como su propio título indica, nos detalla las diferentes etapas constructivas de forma cronológica, con referencia al estilo característico de la arquitectura civil. En el documento se aluden las supuestas autorías de los lucernarios, amén de un escueto texto donde se describen los materiales que componen algunos de estos elementos constructivos. Una descripción superflua en la que se describen sólo algunos de los lucernarios. Podemos encontrar también, en la descripción de las características generales del barroco sevillano, una alusión a los materiales que se empleaban para las construcciones de la época.

---

<sup>1</sup> Sancho Corbacho, Antonio (1984) *Arquitectura Barroca Sevillana del Siglo XVIII*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. ISBN: 9788400056810.

Antonio Sancho, a su vez, cita en todo momento la obra “*Un ejemplar español de arquitectura industrial del siglo XVIII*”<sup>2</sup>, escrito por Luis Cuevas Alcober, se trata del primer trabajo de análisis exhaustivo del edificio, comprende un marco de partida para las posteriores investigaciones realizadas. Cuenta con una serie de datos que han sido rectificadas a posteriori por diversos autores, pero constituye la base de estudio para llegar a lograr conocer el marco constructivo del edificio. En esta publicación se recogen las causas del diseño del edificio y la autoría de las diferentes fases constructivas. Habría que añadir que estas últimas han sido rectificadas por la evidencia de lo contrario, fundamentándose en pruebas fehacientes los autores que difieren con el documento. Cuevas Alcober hace una escueta alusión a los lucernarios, definiendo las tipologías de materiales de composición, diferenciando los existentes en la zona palaciega, concretando su localización, y los de la zona fabril.

Hallaremos una descripción más profunda del edificio en la tesis doctoral, “*Arquitectura industrial tabacalera en la España peninsular: secaderos y fábricas*”<sup>3</sup>, redactada por Tamar Awad Parada<sup>3</sup>. En esta tesis se tratará de describir desde los orígenes de la Real Fábrica hasta su finalización, con un rigor técnico más que aceptable, analizando las soluciones constructivas empleadas para garantizar el correcto funcionamiento de las labores industriales que se realizaban en la fábrica. Exponiendo la resolución de la ingeniosa instalación de abastecimiento de agua, para la fábrica y sus pozos, y la instalación de saneamiento. Sin embargo, no aparece demasiada información novedosa sobre los lucernarios, nombra los dos materiales que conforman estos elementos, apreciables a simple vista, como son el ladrillo enfoscado y la piedra. Este último material estará presente únicamente en tres lucernarios. Para terminar, señala la datación de dos lucernarios en el año 1757. Cabe destacar la multitud de infografía contenida en la tesis, pudiendo extraer información gráfica de alto valor para la realización de este trabajo.

Habría que hacer mención de un esclarecedor documento, una tesis titulada “*Las Sedes Universitarias de Sevilla en la Construcción de la Ciudad*”<sup>4</sup>, obra de Francisco Javier Tejido Jiménez. En ella encontraremos una exposición detallada de las intervenciones que realiza la Universidad de Sevilla una vez se le cede la propiedad a mediados del siglo XX. De entre sus fases constructivas destaca la actuación que realizan los arquitectos Antonio Delgado Roig y Alberto Balbontín, concretamente en la Facultad de Filosofía y Letras, donde por el tosco diseño de la Real Fábrica tuvieron que crear lucernarios para dar luz a las nuevas galerías de circulación interiores que no estuvieran comunicando con alguno de los patios. Así pues, podemos extraer este texto literal de la memoria del proyecto de adecuación para albergar esta facultad.

“...Por ello la iluminación ha sido resulta con luz cenital a través de linternas de grandes dimensiones, copias fieles de las situadas sobre las escaleras de honor actuales.”<sup>5</sup>.

Esta es la razón por la que existen un número mayor de lucernarios, creados en el año 1950 en la adecuación realizada por la Universidad de Sevilla, careciendo estos últimos del valor de los originales. Sin menoscabar su interés patrimonial, puesto que, resultan pertenecientes de un edificio declarado monumento histórico-artístico a finales de ese mismo año, demorándose hasta 1959 su declaración efectiva. Quiere decir que estos nuevos elementos ya formaban parte de esa protección. A pesar de este hecho no formarán parte del objeto de este trabajo.

Para tener un conocimiento de los materiales podemos referirnos al siguiente trabajo monográfico “*Diseño Estructural de Arcos, Bóvedas y Cúpulas en España ca.1500 ~ ca.1800*”<sup>6</sup>, Santiago Huerta Fernández plasma en su tesis doctoral el estudio técnico de los materiales que se realizaban en la época. Consideraremos, de forma aproximada, las mismas naturalezas físico y químicas, acompañadas de valores de resistencias y plasticidad. Podríamos extrapolar estos parámetros y características para los materiales que se emplearon en la ejecución de los lucernarios, y así en caso necesario tener unas referencias mínimas.

<sup>2</sup> Cuevas Alcober, Luis (1946) *Un ejemplar español de arquitectura industrial del siglo XVIII*. Asociación Nacional de Ingenieros Industriales, Madrid.

<sup>3</sup> Awad Parada, Tamar (2015) *Arquitectura industrial tabacalera en la España peninsular: secaderos y fábricas*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.

<sup>4</sup> Tejido Jiménez, Francisco Javier (2015) *Las Sedes Universitarias de Sevilla en la Construcción de la Ciudad*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla.

<sup>5</sup> Extracto de memoria del *Proyecto de Adaptación de la Fábrica de Tabacos para la Universidad de Sevilla. Instalación de la Facultad de Filosofía y Letras en el Edificio de la Real Fábrica de Tabacos*. Junio de 1950. Antonio Delgado Roig y Alberto Balbontín de Orta. FIDAS. Expediente 32371, Caja 819. (AGA. Signatura 32-17352-00001).

<sup>6</sup> Huerta Fernández, Santiago (1990) *Diseño Estructural de Arcos, Bóvedas y Cúpulas en España ca.1500 ~ ca.1800*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.

Para la visualización de la integración los lucernarios en la Real Fábrica hemos contado con la siguiente fuente, “Fábrica Real de Tabacos de Sevilla”<sup>7</sup>, dibujos realizados en la Segunda Cátedra de Análisis de Formas Arquitectónicas, un trabajo por parte de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, bajo la dirección de Helena Iglesias. Encontramos un rico apartado gráfico, un ejemplar de láminas en color, con el que podemos apreciar el estilo y funcionalidad de las linternas en el edificio, y así comprender el porqué de las localizaciones de estos elementos arquitectónicos. Se utilizarán las ilustraciones que contiene en esta publicación para la realización de este trabajo.

Un apartado importante para el estudio de las linternas, como elemento compositivo del edificio, es el conocimiento del contexto histórico del siglo XVIII en la ciudad de Sevilla, así como los factores socioeconómicos y demás variables que hicieron posible la concepción de la Real Fábrica. Todo ello lo encontraremos en un par de volúmenes, por una parte, tendremos “Historia de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla: Sede actual de la Universidad de Sevilla”<sup>8</sup> realizado por José Manuel Rodríguez Gordillo, por otra parte, nos encontramos con “Sevilla y el Tabaco”<sup>9</sup>, obra de José Luis Comellas.

En el primero de ellos se trata una extensa obra para el conocimiento de los términos relativos al tabaco. En él se considera desde el descubrimiento del tabaco, como su expansión durante el siglo XVIII, la actividad fabril que ello conlleva y la creación de las diferentes fábricas. Será de interés para este trabajo el desarrollo de los diferentes usos que realiza el autor, se describen sucesivamente las ocupaciones que se han llevado a cabo desde su creación hasta la adaptación para el uso universitario. En este sentido logra una recopilación con la que poder observar la inexistencia de obras realizadas con relación a los lucernarios, a excepción de los ejecutados en la adaptación del edificio por parte de la Universidad de Sevilla.

El segundo es un texto puramente memoriales, aportando hechos cronológicos para el entendimiento de la nueva industria tabacalera en el estado español. Contando con una sutil abreviatura de la historia narrada por el libro citado con anterioridad.

## 1.5. Catalogación Urbanística

### 1.5.1. Obtenida en la base de datos de Patrimonio Inmueble de Andalucía, del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico<sup>10</sup>, Conserjería de Cultura.

#### IDENTIFICACIÓN

Denominación	Real Fábrica de Tabacos	
Otras denominaciones	Universidad de Sevilla; Antigua Real Fábrica de Tabacos	
Código	1410910085	
Caracterización	Arquitectónica	
Provincia	Sevilla	
Municipio	Sevilla	
Códigos relacionados	Pertenece a 01410910200	Denominación: Centro histórico de Sevilla
	Incluye a 01410911064	Denominación: Capilla Universitaria

<sup>7</sup> Iglesias, Helena (1992) *Fábrica Real de Tabacos de Sevilla. Dibujos realizados en la Segunda Cátedra de Análisis de Formas Arquitectónicas*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Complutense de Madrid.

<sup>8</sup> Rodríguez Gordillo, José Manuel (2005) *Historia de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla: Sede actual de la Universidad de Sevilla*. Fundación Focus-Abengoa. Sevilla. ISBN 8489895155

<sup>9</sup> Comellas, José Luis (1984) *Sevilla y el Tabaco. Exposición en el Rectorado de la Universidad de Sevilla (Antigua Fábrica de Tabacos)*. Tabacalera, S.A.

<sup>10</sup> <http://www.iaph.es/patrimonio-inmueble-andalucia/resumen.do?id=i17323>

*DESCRIPCIÓN*

Tipologías	Actividades	P. Históricos	Cronología	Estilos
Fábricas	Producción de tabaco	Edad Moderna	1728/1757	Barroco
Fábricas	Producción de tabaco	Edad Moderna	1728/1757	Neoclasicismo
Edificios Docentes	Enseñanza	Edad Contemporánea	1950	

*PROTECCIÓN*

Estado	Régimen	Tipología Jurídica	Publicado en	Fecha	Número	Página
Inscrito	BIC	Monumento	BOE	01/06/1959		

**1.5.2. Obtenida en el PGOU<sup>11</sup>***DATOS DEL CATÁLOGO DE EDIFICIOS PROTEGIDOS DEL PGOU DE SEVILLA*

Denominación	Antigua Fábrica de Tabacos Sede de la Universidad de Sevilla
Código	CC.S26.02
Grado de Protección	B
Sector	26
Referencia Catastral <sup>12</sup>	5315001TG3451E0001LA
Superficie de Parcela	51.234 m <sup>2</sup>
Ocupación aproximada Edificación	20.493 m <sup>2</sup>
Superficie libre de parcela	30.740 m <sup>2</sup>
Número de Plantas	B+1
Número de Viviendas	-
Estado de la Edificación	Regular
Coherencia con los valores Patrimoniales	Media
Tipología edificatoria	Edificio exento estructurado por una crujía de bóvedas y patios
Usos	Dotacional docente y administrativo público

*CONDICIONES DE PROTECCIÓN Y ORDENACIÓN*

Alcance del nivel de protección exigido	Fachada y elementos característicos de la misma, composición interior a nivel espacial y estructural, tipo de cubiertas, elementos singulares, espacio libre de parcela y cerramientos, jardines y vegetación.
Obras permitidas	Conservación, acondicionamiento, restauración y consolidación. Reforma interior que no altere el sistema estructural, la composición espacial, las fachadas y los tipos de cubierta. Las eventuales obras de reforma interior tenderán a la recuperación de la escala de los espacios interiores originales y a la clarificación de la planta del edificio, con especial atención a la definición de itinerarios originales claros. Se tenderá igualmente a la supresión de entreplantas añadidas a la sección original del edificio.

<sup>11</sup>[http://web.urbanismosevilla.org/planeamientopgou/pdfs/08\\_TR\\_CATALOGOS/08\\_TR\\_1\\_COMPLEMENTARIO\\_CH/08S2602\\_TR\\_CCC H.PDF](http://web.urbanismosevilla.org/planeamientopgou/pdfs/08_TR_CATALOGOS/08_TR_1_COMPLEMENTARIO_CH/08S2602_TR_CCC H.PDF)

<sup>12</sup><https://www1.sedecatastro.gob.es/CYCBienInmueble/OVCConCiud.aspx?UrbRus=U&RefC=5315001TG3451E0001LA&esBice=&RCBice1=&RCBice2=&DenoBice=&from=OVCBusqueda&pest=rc&RCCompleta=5315001TG3451E0001LA&final=&del=41&mun=900>

## Capítulo 2. Breve Análisis Histórico

*La destrucción del pasado es quizás el más grande de todos los delitos.*

- Simone Weil -

La Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla, declarado Bien de Interés Cultural (BIC) y perteneciente al Patrimonio Histórico de España, se trata de uno de los edificios con más importancia de los construidos en Europa durante el siglo XVIII. Acentuando que se convierte en el de mayor edificio civil de España, poseyendo el monopolio español de tabacos.

### 2.1. Contexto Histórico

Las Reales Fábricas tienen origen en Francia, concretamente en el extenso reinado de Luís XIV, impulsadas por su primer ministro, Jean Baptiste Colbert. La intención fue crear una serie de manufacturas de lujo que pudiesen abastecer a la Corte del Rey Sol. Debido al monopolio de los Países Bajos hasta ese momento. Las fábricas reales llegarían a España con la aparición de los borbones, de manos de Felipe V. Las Reales fábricas españolas se realizaron con el propósito de remplazar el pobre estado de las industrias de producción autóctona. Las fábricas se transformaron, consiguiendo la racionalización y un mayor control de calidad. Este fue el caso de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla.

Los obradores o talleres que existentes hasta esa fecha en Sevilla trabajaban artesanalmente el tabaco procedente de las Indias desde el siglo XVI. La ciudad, como puerto de entrada, tenía el monopolio de la materia prima y de su elaboración. Más adelante, se produjo un incremento en el consumo del tabaco, por lo que fue necesaria una mayor producción.

Los obradores artesanales se unificaron en 1636 en una fábrica, situada en la actual Plaza de San Pedro. Propiedad de la Corona, cuya explotación fue arrendada a particulares. Resultó la primera fábrica de tabacos que contó con procesos productivos de carácter industrial.

### 2.2. La construcción de la Real Fábrica de Tabacos

La idea para su concepción nace de una carencia, la insuficiencia de la fábrica antecesora ante el volumen demandado por la sociedad. Esta antigua fábrica, situada en la actual plaza de Argüelles, tras múltiples reformas siguió sin poder abastecer las necesidades. Por consiguiente, el 18 de junio de 1725 se dispuso por R.O. la construcción de un nuevo edificio, dando comienzo al trazado de la cimentación tres años después.

El lugar idóneo para albergar tal colosal construcción tendría que tratarse de una amplia explanada a extramuros de la ciudad. Sería por aquel entonces un solar llamado Barrio de Marruecos, entre la Puerta de Jerez y el convento de San Diego. Una localización, que resulta a fecha actual, una de las zonas más nobles de la capital hispalense, albergando así la Catedral, el Alcázar, el Archivo de Indias, el Palacio de San Telmo y la Torre del Oro. La elección fue también incentivada por la cercanía del puerto, además el arroyo Tagarete pasaba junto al edificio y serviría de vía para la evacuación de residuos que produciría la obra.

El edificio contará con una extensa historia constructiva, recordemos que las obras comienzan en el año 1728, dando por finalizadas en 1770. Sus cuarenta y dos años de ejecución no fueron causados por la pérdida de uniformidad en su traza o alzados, por lo que se podría pensar en un proyecto inicial definitivo al que tuvieron que adaptarse los diversos arquitectos que se fueron heredando la dirección de la obra.

Según el ingeniero Luis Cuevas Alcober, quien realizó un exhaustivo trabajo sobre la Real Fábrica, se podría atribuir la planta general del edificio a Ignacio Sala, a quien hace responsable además de una importante parte del edificio. Existe cierta controversia fruto de la asignación del planeamiento general, a criterios de otros autores como Llaguno y Amirola y Otto Schubert esta concesión debe hacerse al arquitecto holandés Sebastián Van der Borch, un ingeniero militar al servicio español. Esta última atribución será la acertada, el holandés confiere la

estructura general del edificio, no sin olvidar que el enorme trabajo de Van der Borcht estará condicionado por la cimentación planteada por Sala.

Las obras comenzarían el 13 de septiembre de 1728, se suspenderían sin embargo tres años después, en 1731. Así mismo, en 1733 reanudarían la ejecución, hasta 1737, donde volverían a pararse. No volverían a reanudarse hasta el 1750.

El ingeniero militar Ignacio Sala dirigirá las obras en un periodo de tiempo comprendido entre 1728 y 1731. Esto se debió a su categoría de coronel de infantería, por lo cual se vio obligado al abandono de Sevilla para marchar a un variado número de plazas españolas, donde realizaría trabajos de fortificación. En sólo tres años Sala realizó una pequeña parte referente a los cimientos, además de la cubrición del arroyo Tagarete, debido a su recorrido cruzaba por la zona que pasaría a ser la fachada principal de la nueva Fábrica.

La actuación del ingeniero Van der Borcht, al contrario que la de su antecesor, es mucho más clara y terminante. Toma el mando de la dirección en el año 1750, continuando sin interrupción hasta el 1766. Durante este periodo se levantará la crujía de la fachada principal, la zona palaciega y de residencia, talleres, terrazas, los patios, las naves de las fábricas, la capilla, la cárcel, el foso y los lucernarios. Hay que señalar que las autorías de estos lucernarios no pertenecen al ingeniero holandés.

La labor de Van der Borcht fue vital para las obras, reflejado queda en las distinciones que se le conceden por parte de los reyes Fernando VI y Carlos III, alcanzando durante la dirección de la obra el cargo de teniente coronel.

Se puede afirmar que Sala hizo un planteamiento inicial del edificio, con soluciones que no fueron definitivas. Y así lo hizo otro ingeniero militar en el año 1731, Diego Bordich (Fig. 1). Rectificó, entre otras, las dimensiones de los patios y las alturas proyectadas. Por el contrario, Van der Borcht, realizaría con gran exactitud lo planificado en los proyectos presentados. Realizando así casi la totalidad de los alzados del edificio, impondría de esta forma las normas del edificio.

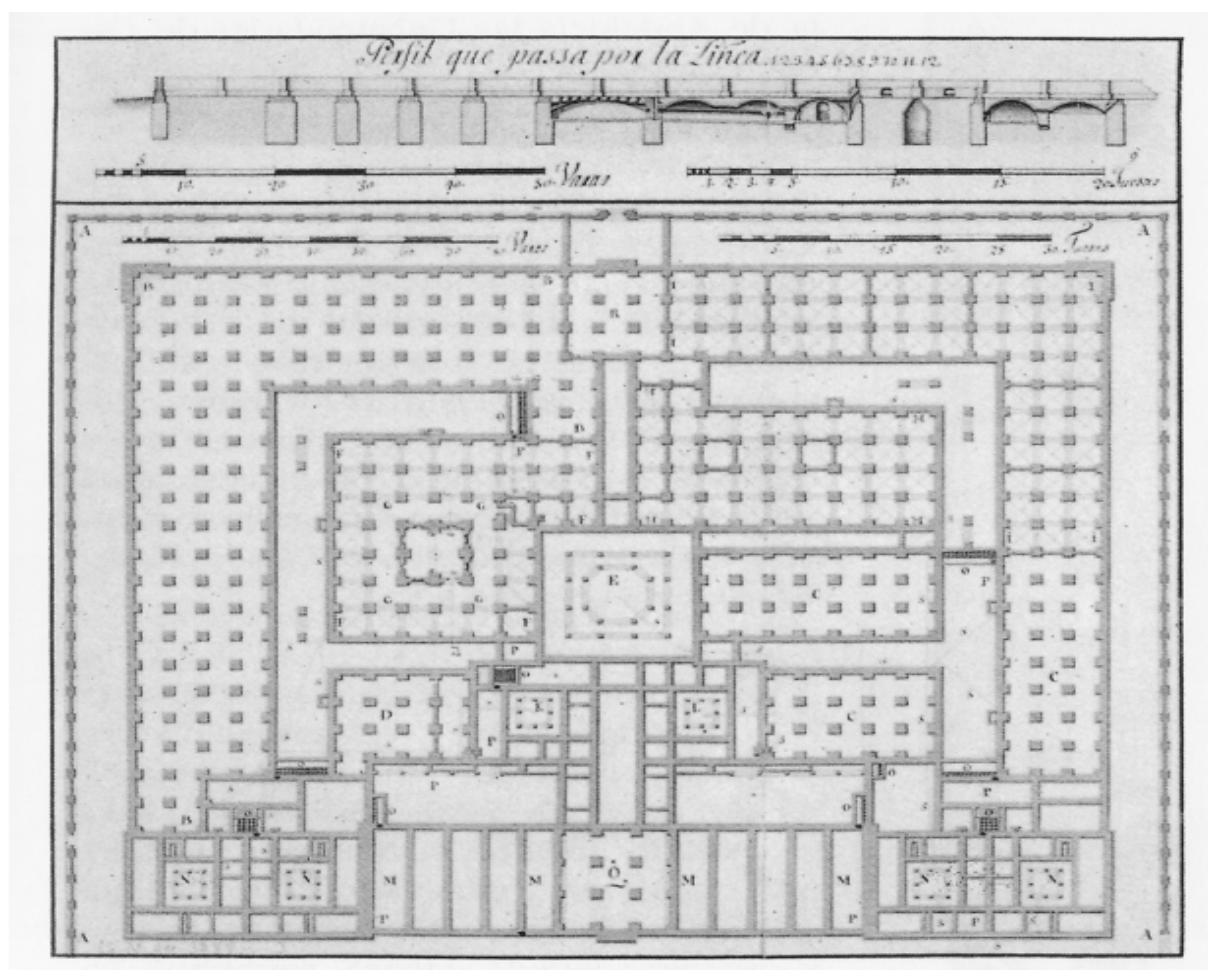


Fig.1 Planos del proyecto de 1731. (Aguilar Piñal, Francisco. 1991).



Van der Borch necesitó de ayuda para la ejecución a tiempo y en forma de un edificio colosal como era el caso. Por ello congregó a su alrededor un grupo de afamados arquitectos sevillanos, entre ellos se podrían nombrar a Vicente Catalán Bengoechea, Miguel Díaz, Sebastián Luque, Pedro de Silva y Lucas Cintora. Todos ellos, junto al escultor Cayetano da Costa, dotaron al edificio de un carácter sevillano en sus motivos ornamentales y arquitectónicos, disminuyendo así la severidad del estilo internacional de las grandes construcciones. El holandés se impregnaría del ambiente sevillano, dotando al edificio de parecidos con otros monumentos de la ciudad.

La Antigua Real Fábrica de Tabacos ocupa un rectángulo con unas dimensiones de 185 x 147 metros, quedando rodeado por un amplio foso, a excepción de la fachada principal, la cual corresponde con la mayor longitud. Este espacio quedó cerrado en su entonces por una muralla, la cual discurría entre las Puertas de San Fernando y Jerez. Se trata por tanto de un recinto aislado, de gruesos muros y poco vanos para favorecer la oscuridad en los almacenes, abovedado en su totalidad en la zona fabril para que fuese incombustible. Con dotación independiente de abastecimiento de agua, asimismo poseía una jurisdicción propia. Ajeno a la ciudad contaría con un puente levadizo, un cuerpo de guardias y garitas, como si de una ciudadela militar se tratase, era pues una fábrica regida por sí misma.

Un edificio construido en piedra y ladrillo, para su concepción se tuvieron en cuenta los dos planteamientos principales a los que iba destinado el edificio, por una parte, había de contemplar el carácter palaciego y de residencia, y por otra el industrial. Los planos originales (Fig. 2) eran un laberinto, por ello fueron modificados para conseguir espacios abiertos que albergaran las grandes máquinas y facilitar la vigilancia de los trabajadores, evitando así la sustracción del tabaco.

La zona palaciega y de residencia comprendía la crujía de fachada principal y el patio del reloj, con una clara separación del resto de la Real Fábrica. Para la ejecución de la fachada principal (Fig.3), donde se aprecia la portada de dos cuerpos y el balcón, Van der Borch sigue los modelos típicos del estilo internacional, distintivo de la arquitectura palaciega europea de la época. En esta misma crujía nos encontramos con el amplio zaguán, la doble escalera (Fig. 4 y 5) y el gran salón de la planta principal.

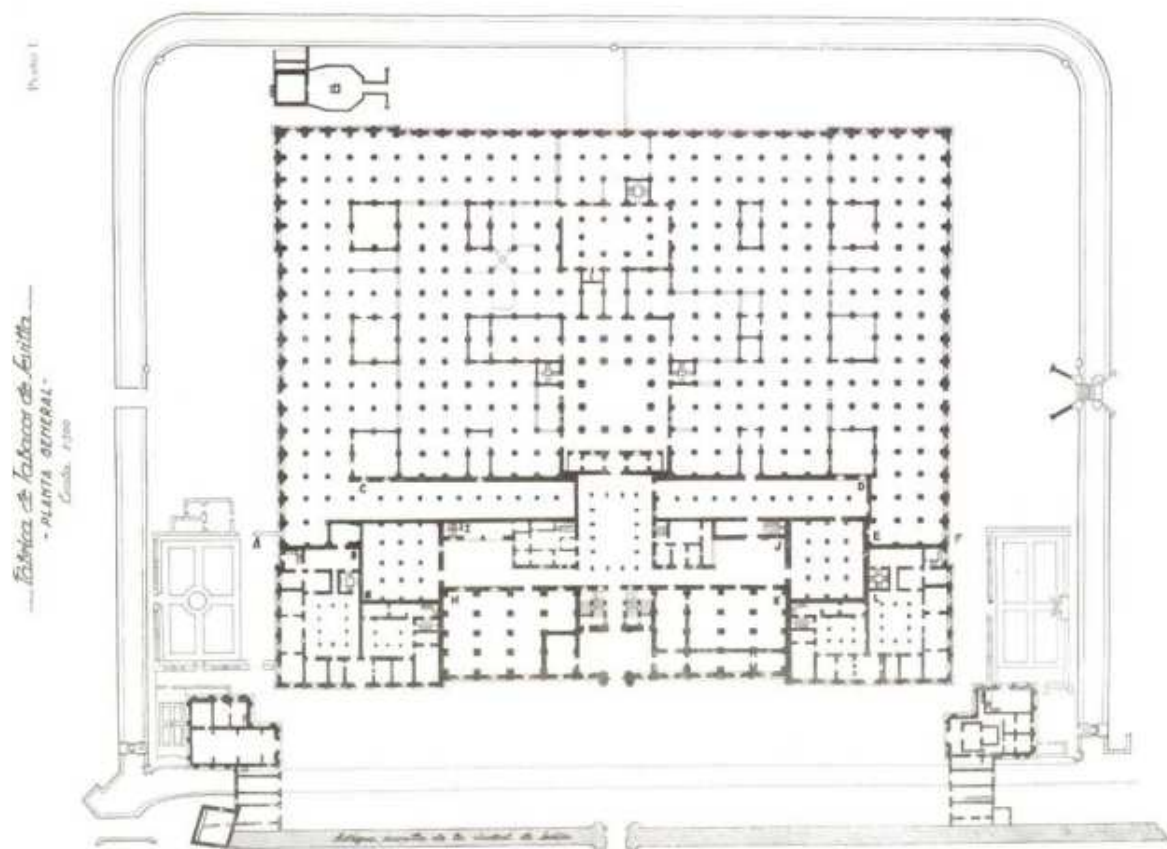


Fig. 2 Planta baja de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla (Cuevas Alcober, Luís 1946)



Fig. 3 Fachada y portadas principales de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla. Acuarela de Héctor David Arévalo Marchán. (Iglesias, Helena 1992).



Fig. 4 Sección Transversal de la escalera principal. Acuarela de Juan Manuel Martínez Pardo. (Iglesias, Helena 1992).





Fig. 5 Análisis espacial de la escalera principal. Acuarela de Juan Manuel Martínez Pardo.

(Iglesias, Helena 1992).

En los extremos de su alzado, en fachada, se aprecian cuerpos salientes correspondientes a la ubicación de las residencias para los superintendentes y jefes de la Real Fábrica. En su interior albergan bellos patios y escaleras. Destacando sus portadas de acceso, ya que serán otra representación del barroco sevillano, como veremos a continuación será el estilo de influencia para los lucernarios.

La zona industrial, de alto valor técnico y escaso interés arquitectónico, tiene como eje central el patio principal. Cabe mencionar que el proyectista se inspiraría en el patio del Archivo de Indias para su diseño, con una disposición de estilo vitruviano. Queda rematado con una fuente central de piedra y mármol, obra de Cayetano da Costa, realizada en el año 1756 (Fig. 6).

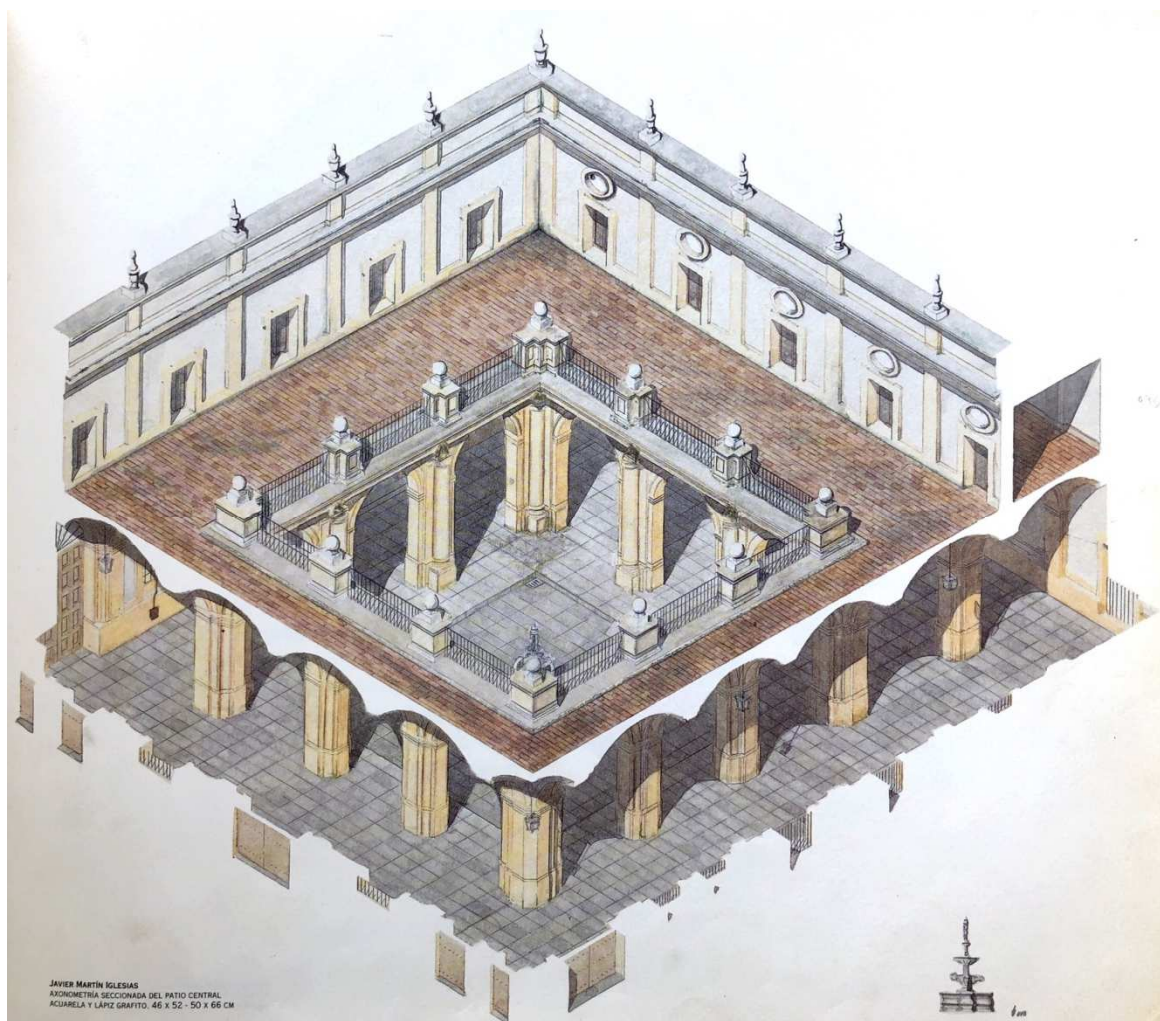


Fig. 6 Axonometría seccionada del patio central. Acuarela de Javier Martín Iglesias. (Iglesias, Helena 1992).

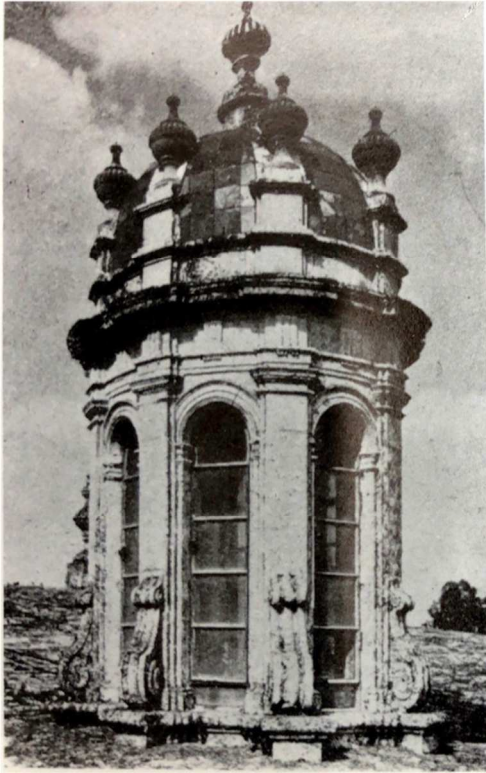
La importancia del espacio fabril se puede apreciar por el espacio que ocupa en el edificio, poseyendo así las dos terceras partes de la superficie construida. Diseñado y planteado para la resolución de las exigencias planteadas por las necesidades. Este colosal rectángulo queda dividido por una serie de patios de diversas magnitudes y categorías artísticas, para la distribución del acceso y la dotación de luz a las numerosas estancias se realizaron galerías, de corpulentos pilares con arcos de medio punto y bóvedas vaídas. Las dependencias de la Fábrica, a las que se accedía desde las galerías, tenían funciones tan variadas como las de almacenes para la fermentación del tabaco, para la moja, los molinos, las cuadras, etc. Todo ello con un cuidado estudio para dotar cada estancia de unas condiciones de humedad y ventilación necesarias para el desempeño de la actividad que en ella se realizara.

La planta principal cuenta con una distribución idéntica a la planta baja, con robustos pilares y extensas galerías, algunas con más de ciento cincuenta metros de longitud, con mucha luminosidad debido a las ventanas y lucernarios.

Las enormes cubiertas también fueron diseñadas para su misión, el secado del tabaco. Este objetivo se lograba gracias a los altos antepechos, debido a la altura del pretil evitaba que las hojas fuesen esparcidas por el viento. Este parapeto es adornado con unos pétreos pináculos y unos jarrones elaborados por el portugués Cayetano da Costa. Una de las características más espectaculares de esta cubierta son los nueve lucernarios que existen en ella, cuentan con siete modelos diferentes de bella traza, los cuales tenían el cometido de dotar de iluminación tanto a salas, que por su uso necesitaba de mayor iluminación que otras, como a las galerías de la planta principal. Se podrán visualizar los lucernarios mediante las siguientes fotografías (Fig. 7, 8 y 9) mostradas a continuación.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Imágenes tomadas de la obra de Sancho Corbacho, Antonio (1984). *Arquitectura Barroca Sevillana del Siglo XVIII*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. ISBN: 9788400056810.

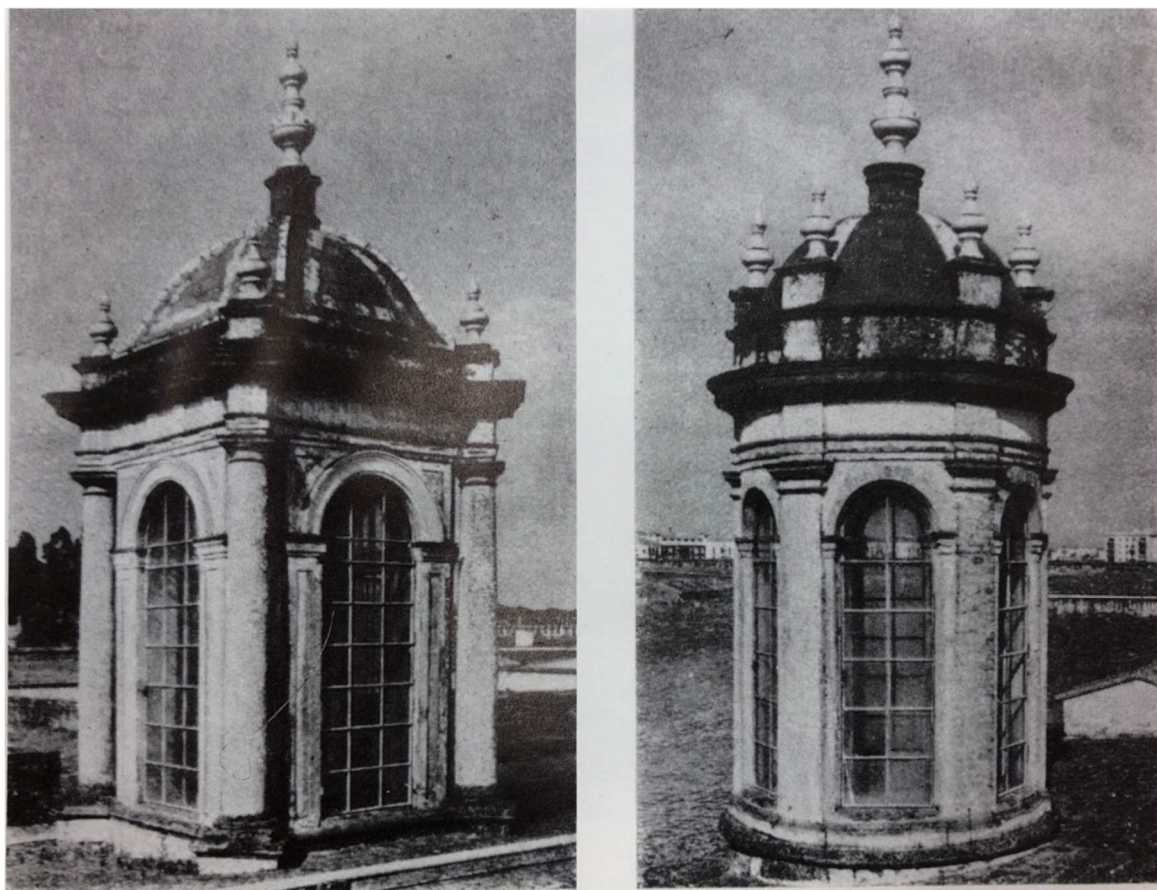




*Fig.7 Fotografías de los lucernarios realizados en piedra. Situados en la zona palaciega, concretamente sobre la doble escalera principal de la fachada norte del edificio, y sobre la saleta. Atribuidos a Vicente Catalán Bengoechea (1757). (Sancho Corbacho, 1984).*



*Fig. 8 Fotografías de los lucernarios realizados en ladrillo. Con localizaciones en zona fabril. Posiblemente atribuidos a Pedro de Silva (1757). (Sancho Corbacho, 1984).*



*Fig. 9 Fotografías de los lucernarios realizados en ladrillo. Con localizaciones en zona palaciega y en zona fabril. Atribuido el primero a Lucas Cintora, y el segundo a Pedro de Silva (1757). (Sancho Corbacho, 1984).*

Haciendo mención especial, puesto que este documento tiene como objeto de estudio de los lucernarios, es preciso mentar a los siguientes arquitectos sevillanos: Vicente Catalán Bengoechea, Pedro de Silva y Lucas Cintora. Esto es debido al importante aporte que hicieron en la intervención de la obra.

Será a Bengoechea a quien ha de atribuirse la mayor parte de esta intervención, puesto que trabajó en la edificación al mismo tiempo que Van der Borch, ya constaba su nombre por el año 1754, consultando por el holandés hasta en pormenores decorativos. Con gran habilidad para la cantería, Bengoechea, realizó así las fachadas y portadas de la capilla y la cárcel, los lucernarios de la escalera, precisamente el de la saleta, uno en el extremo sur del edificio y el cuerpo del desembarco de la escalera a las terrazas. Se cree que también realizó la ornamentación en yesería de las portadas del salón principal y saleta, atribuyendo supuestamente a Pedro de Silva la autoría de la ornamentación en yesería que adornan las bóvedas de la escalera.

Hablaremos ahora de Pedro de Silva. Figura que adquiere el título de aparejador mayor de la Real Fábrica desde el año 1757, como suyos se le pueden atribuir los dos lucernarios idénticos, fechados en 1757, contruidos en ladrillo enfoscado con apliques de azulejos cerámicos. Aunque también se le atribuyen a él otro de los lucernarios del extremo sur del edificio, debido a la terminación de este con acabados cerámicos.

La actuación de Lucas Cintora podemos centrarla al lucernario central, en su trazado se detecta una fuerte influencia del Archivo de Indias, de este edificio fue arquitecto y realizó reformas en el año 1777. Debido a esta familiaridad de estilos existen autores que podrían vincular a Cintora con el patio principal de la zona industrial, junto al holandés Van der Borch.

La construcción de la Real Fábrica de Tabacos, además del alto valor arquitectónico, supone uno de los acontecimientos más destacados en la historia de Sevilla. Durante los dos siglos de labores ininterrumpidas en el interior de sus muros han popularizado por todo el mundo uno de los edificios sevillanos con más personalidad.





La fragmentación del proyecto quedó organizada de tal forma que, al arquitecto Illanes se le adjudicaron las obras de la Facultad de Derecho, la ordenación general del edificio, la zona del Rectorado y la Biblioteca Universitaria. Así pues, la Facultad de Ciencias, fue asignada a Alfonso Toro Buiza. Quedando las obras de la Facultad de Filosofía y Letras, para las cuales se realizó el encargo a equipo de arquitectos Alberto Balbontín de Ortega y Antonio delgado Roig. Cabe destacar la corrección del anteproyecto presentado inicialmente por Illanes, se retracta de la primitiva idea para eliminar el eje central (en sentido norte-sur) del edificio y se mantiene en la creación de un nuevo eje perpendicular al existente (en sentido este-oeste), para dotar de tres nuevos accesos al edificio, respetando e imitando en forma al ya existente, para conferir un punto medio en el patio de la fuente (Fig. 11). Aludiendo con especial alusión a la ampliación de los patios existentes para lograr dotar al edificio de las calidades mínimas que exigía la docencia (Fig. 12).

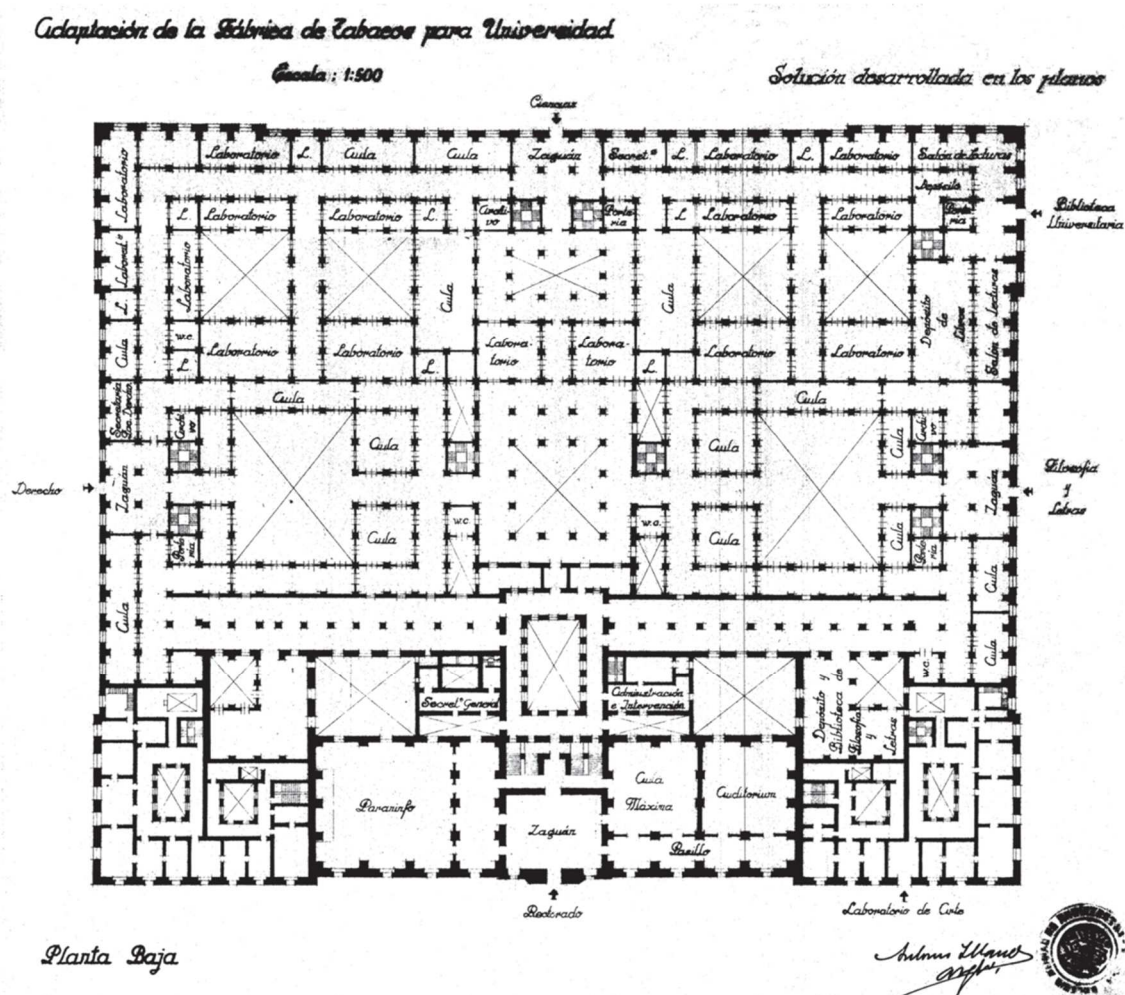


Fig. 11 Planta Baja Reformada del Proyecto de Adaptación de la Fábrica de Tabacos para Universidad. Sevilla. Junio de 1950. Arquitecto Antonio Illanes del Río. Archivo FIDAS. Expediente 32082.

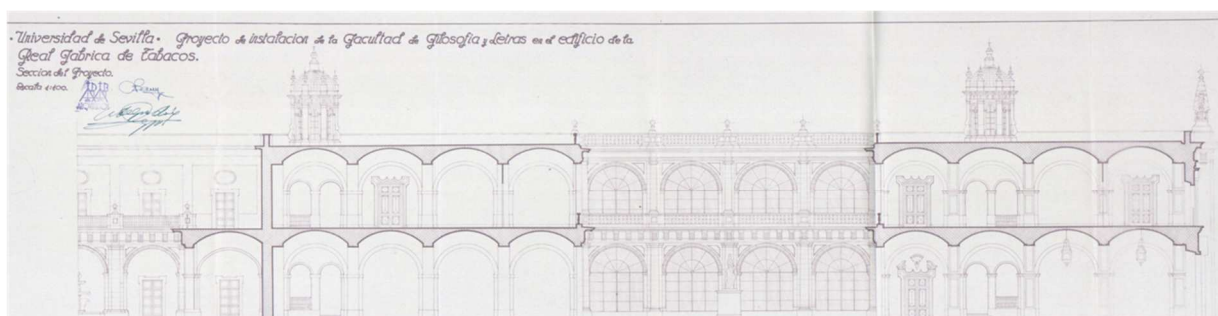


Fig. 12 "Sección del Proyecto". Proyecto de Instalación de la Facultad de Filosofía y Letras en el Edificio de la Real Fábrica de Tabacos. Junio de 1950. Arquitectos: Antonio Delgado Roig y Alberto Balbontín de Orta. FIDAS. Expediente 32371, Caja 816. (AGA. Signatura 32-17352-00001).



Durante el transcurso de las obras, concretamente en las que afectaban a las primeras plantas de la Facultad de Filosofía y Letras, la Junta Facultativa detecta un problema por el cual las nuevas galerías de circulación carecen de una iluminación natural mínima, a excepción de las que daban a alguno de los patios. Es por este motivo por el cual Balbontín y Roig deciden solucionar este inconveniente con la ejecución de unos lucernarios en la cubierta del edificio, a imitación de la solución constructiva realizada en el siglo XVIII, y siguiendo unos cánones estéticos similares.

Para dar iluminación a las galerías interiores se realizó un modificado del proyecto, añadiendo estas “*linternas de variadas y bellísimas formas arquitectónicas*”<sup>14</sup> (Fig. 13), las cuales se reprodujeron también en la Facultad de Derecho, para salvar la misma problemática. Estos recientes lucernarios pretendían imitar volumétricamente a los existentes en la zona palaciega.



Fig. 13 Dibujo y fotografía de las linternas realizadas en la adaptación de la Real Fábrica para la Facultad de Derecho. (Dibujo; Dpto. Ingeniería Gráfica de la ETSIE Universidad de Sevilla. Fotografía del autor)

<sup>14</sup> Cita textual de la memoria del *Proyecto de Adaptación de la Fábrica de Tabacos para la Universidad de Sevilla*. Instalación de la Facultad de Filosofía y Letras en el Edificio de la Real Fábrica de Tabacos. Junio de 1950. Antonio Delgado Roig y Alberto Balbontín de Orta. FIDAS. Expediente 32371, Caja 819. (AGA. Signatura 32-17352-00001).

## Capítulo 3. Análisis Constructivo

*El diseño no es sólo lo que ves, sino cómo funciona.*

- Steve Jobs -

A continuación, trataremos los sistemas constructivos y materiales utilizados para la ejecución de las linternas de la Antigua Real Fábrica. Tratando de abordar el contenido de este capítulo de la forma más exhaustiva posible, considerando los procedimientos de ejecución existentes en el barroco sevillano del siglo XVIII, para resolver la ejecución de lucernarios y cúpulas de pequeña envergadura.

Este capítulo servirá de base para Tercera Parte del trabajo, para realizar un análisis patológico será necesario el claro conocimiento de la tipología de materiales. Debido al predominio del ladrillo y la piedra en la composición de los lucernarios, nos centraremos en estos materiales. En menor medida nos encontraremos con las baldosas cerámicas vidriadas y el enfoscado, motivo de ornamentación y acabado, los cuales también veremos en este análisis.

### 3.1. Conceptos previos

Antes de iniciar este apartado me gustaría introducir una serie de definiciones generales, para favorecer la lectura de este documento y ayudar a su comprensión. Teniendo en consideración que en los siguientes puntos de este capítulo encontraremos las aclaraciones de los términos que correspondan en cada caso, no nos centraremos en este por tanto en llevar a cabo, en este fragmento, una exposición detallada de todos y cada uno de ellos.

Así pues, encontramos la definición de *Linterna* como “*Pequeña construcción por lo general de planta circular o poligonal, más alta que ancha y calada de vanos que se levanta como remate de una cúpula o cubierta. Su función es la de iluminar el espacio interior mediante sus vanos laterales, lo que razona su nombre. A veces, también se utiliza como plataforma de observación. Se denomina también linterna a las estructuras esbeltas, en forma de torre, que se erigen en los cementerios para contener una luz y a veces un alta.*”<sup>15</sup>.

Coloquialmente el vocablo linterna se ha atribuido a su símil, *Lucernario*, el cual podríamos concretar como “*Abertura en la parte superior de una estructura de cubierta, a menudo acristalada y a caballo de la cumbrera. Su función es la de iluminar patios, pasillos, galerías y buhardillas. En algunos casos, puede abrirse y mejorar la ventilación de la zona donde se encuentra.*”<sup>16</sup>.

Ambos términos tendrán la interpretación del primero a fin de abreviar y simplificar este trabajo. Aunque en términos teóricos difieran de significativa.

Estos elementos arquitectónicos están acabados en su parte superior mediante una pequeña *Cúpula*, se define como “*...Estructura por lo general hemisférica...Se levanta a partir de una planta cuadrada, poligonal, circular o elíptica. La más corriente deriva de la esfera, aunque también se emplea la derivada de la parábola. Suele apoyarse sobre muros, pilares o columnas que, a su vez, son soporte de arcos de medio punto o apuntados. El paso de la planta cuadrada a la poligonal o circular se hace mediante pechinas o trompas organizando un anillo, elemento que sirve de base al cuerpo cilíndrico o tambor; éste funciona como realce de la cúpula, pudiendo tener vanos que iluminan su interior. A veces, sobre el vértice de la cúpula se abre y levanta un pequeño cuerpo cilíndrico o poligonal rematado generalmente por una pequeña cúpula, llamada linterna, cuya función es la de iluminar igualmente el interior. Se caracteriza por ejercer el mismo empuje en todas las direcciones...*”<sup>17</sup>

<sup>15</sup> <http://tesauros.mecd.es/tesauros/bienes culturales/1007435 - c-344456970>

<sup>16</sup> <http://tesauros.mecd.es/tesauros/bienes culturales/1007436 - c-344456969>

<sup>17</sup> <http://tesauros.mecd.es/tesauros/bienes culturales/1001327.html>

### 3.2. Descripción de las Linternas

Hemos sabido, gracias a las publicaciones consultadas, de la existencia de las nueve linternas originales del siglo XVIII. Además, podemos dar por sentado la veracidad de esta información con un plano de las cubiertas originales de la Antigua Real Fábrica (Fig. 14). De las cuales únicamente quedan siete, dos de ellas desaparecieron, presuntamente sin constancia de ello. Estas linternas se encuentran situadas sobre el forjado de una cubierta plana, actualmente no transitable a excepción del personal de mantenimiento, debido al gran número de instalaciones de diversa índole que se han instalado en los sucesivos años. La base de los lucernarios, un anillo cerámico o pétreo (dependiendo de su localización), y de espesor considerable se pierde en el interior del paquete constructivo de la cubierta, son visibles pocos centímetros de esta.

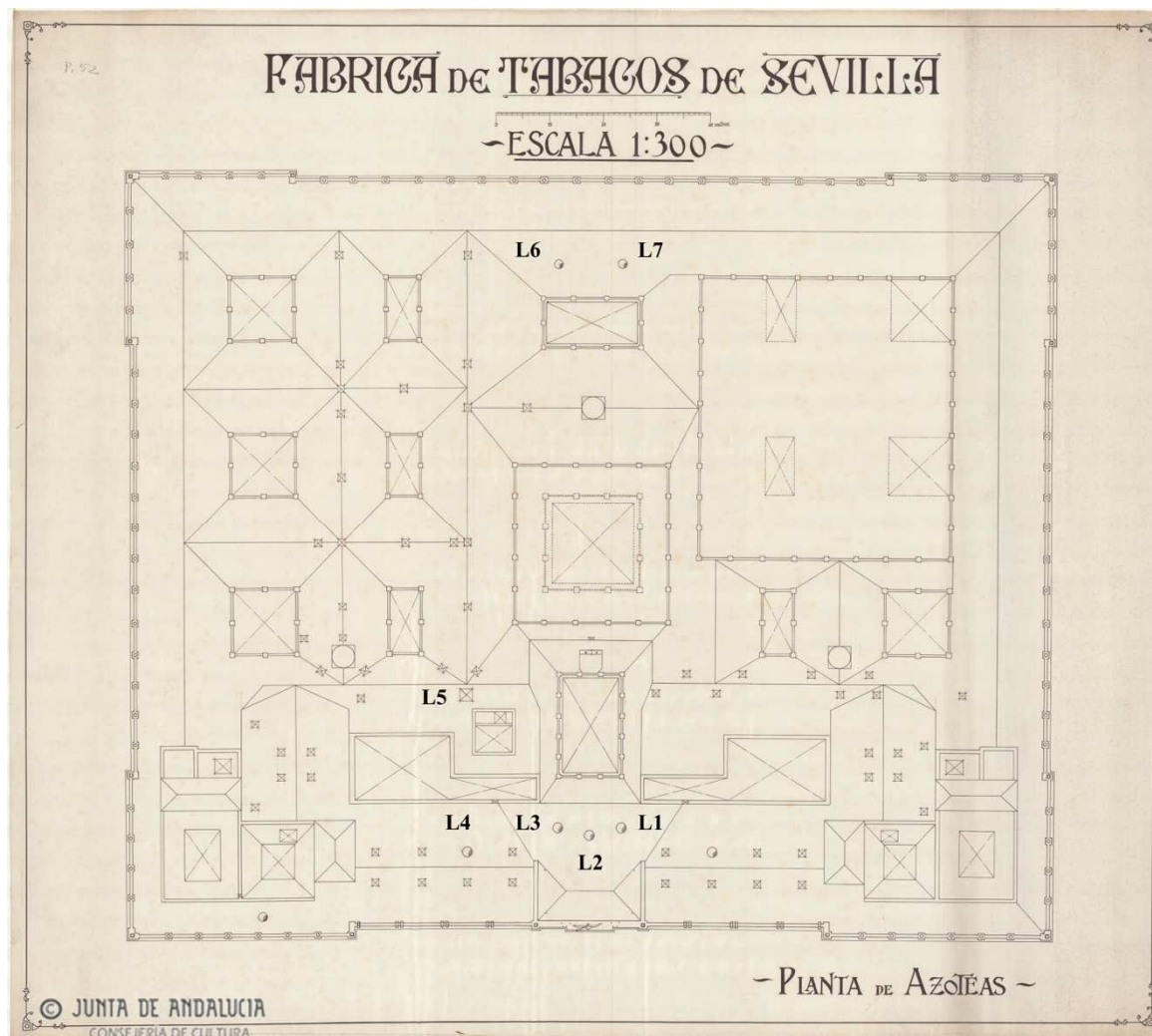


Fig. 14 Plano de Planta de Cubierta de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla. AHPSe, fondo Fábrica de Tabacos de Sevilla, signatura ES41003AHPSE\_TABACO\_FT51 PL.jpg

Para facilitar la comprensión del trabajo designaremos las linternas utilizando los siguientes términos L1, L2, L3, L4, L5, L6 y L7 para referirnos a las linternas referenciadas en la Fig. 14.

Podemos encontrarlas, diferenciadas por zonas y materiales de composición, en dos categorías. La primera compuesta de materiales nobles, localizada en la zona palaciega, donde se ubican tres lucernarios contruidos con piedra. Respetando el hilo arquitectónico compositivo, con un lustre perteneciente a la función de estos espacios dentro del edificio. Por otro lado, está la segunda categoría. Dispersas por las cubiertas de la antigua zona fabril, donde aparecen repartidas el resto de las linternas. Estas últimas ejecutadas en su totalidad por piezas cerámicas cocidas. Sin realizar un menoscabo de estas últimas, debido a la belleza de sus formas, el material cerámico era más abundante y menos costoso que el pétreo.



Haciendo alusión a los primeros lucernarios L1, L2 y L3 (Fig. 15), nos encontramos con un sólido compuesto por bloques pétreos, dos de ellos con plantas elípticas de mayor tamaño que la linterna central, contando esta última con unos acabados en mejor estado de conservación que la mayor envergadura. El conjunto está realizado íntegramente en piedra, a excepción de los acabados en su cúpula, tratándose de elementos cerámicos vidriados, con la misma tonalidad que en el resto de las linternas.



*Fig. 15 Lucernarios de piedra L1, L2 y L3. Teodoro Falcón Márquez, 1989.*

En los primeros lucernarios vemos una diferenciada composición pétreo, ya que para los elementos constructivos laterales se distinguen dos tipologías de material pétreo, la ejecución se realiza con piedras calcarenitas y calizas. Sin embargo, para el lucernario central de planta elíptica se ejecuta únicamente con piedra caliza, de mayor categoría y durabilidad. Podríamos suponer la preferencia de este, o la falta de materiales durante el proceso constructivo de la obra. Incluso el labrado ornamental de la piedra difiere entre estos.

Para el segundo caso (Fig. 16), el cuerpo de estos elementos constructivos, de planta hexagonal inscrita en circunferencias de diámetro variable, está realizado con ladrillos, cuya terminación presenta un enfoscado de mortero, rematados con azulejos cerámicos vidriados. Contando con un espesor variable, de gran envergadura, se aprecian huecos longitudinales abocinados siguiendo el trazo cilíndrico del propio elemento. Cerrando estos huecos, con la ayuda de un perfil en L, nos encontramos con la carpintería de forja, constituida en base a la perfilería y el vidrio. Su interior está acabado con un revestimiento de yeso, el cual cuenta con elementos ornamentales realizados con el mismo material.

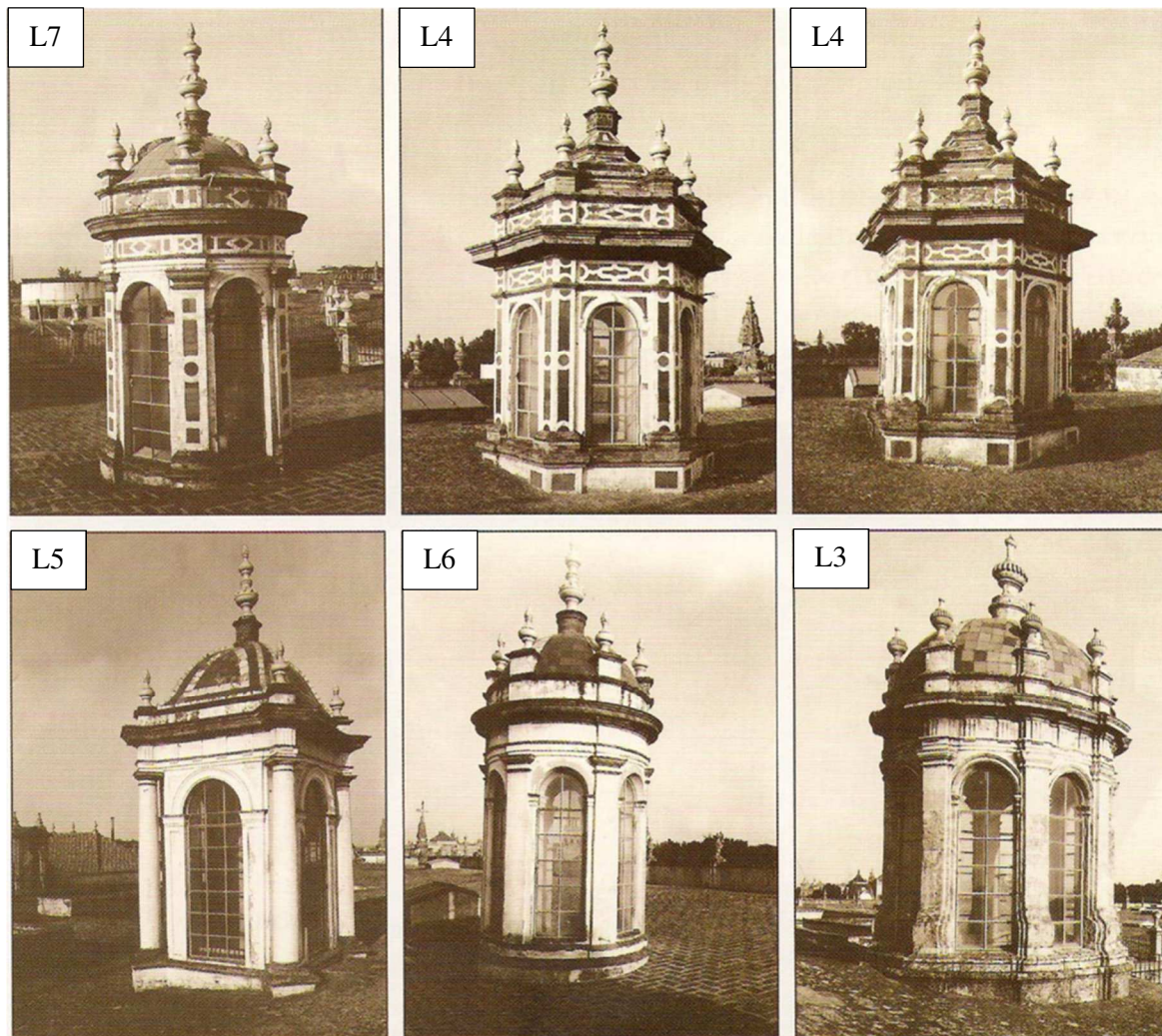


Fig. 16 Lucernarios cerámicos, a excepción del inferior derecho. Comín y Martín, 1999. Pág. 67

El modelo de cúpula más habitual era el brunelleschiano de tambor octogonal, nos encontraremos en las cubiertas con lucernarios de planta octogonal, pero también hay cabida para los de planta hexagonal, quedando este último diseño para las linternas de menor tamaño. Construidas en su mayoría con piezas cerámicas, a excepción de alguna de ellas, presentan acabados cerámicos vidriados con tonalidades añiles.

Con un patrón estético similar, cuentan con unos elementos de coronación cerámicos, se tratan de unos jarrones ornamentados de las mismas proporciones. Diferenciando que, en las linternas resueltas con sillares de cantería, estos elementos singulares también están realizados con el material pétreo.

### 3.3. La Fábrica Cerámica

#### 3.3.1. Términos Básicos

Empezaremos con una definición de la pieza de arcilla cocida para uso en la construcción, el coloquialmente denotado ladrillo. Encontramos un par de definiciones bastante claras, la primera dice, “*Masa de barro, en forma de paralelepípedo rectangular, que, después de cocida, sirve para construir muros, solar habitaciones, etc.*”<sup>18</sup>. La segunda, muy similar a la primera establece lo siguiente, “*Paralelepípedo rectangular de barro cocido empleado en la construcción. Existen diferentes tipos de ladrillos según su función concreta.*”<sup>19</sup>.

<sup>18</sup> <http://tesauros.mecd.es/tesauros/ceramica/1010516.html>

<sup>19</sup> <http://lema.rae.es/drae2001/srv/search?id=Ra8D5CCeFDXX2esQjBDG>



Habría que hacer un inciso para establecer unos términos básicos, inherentes a cualquier ladrillo. Su geometría está definida por un prisma rectangular (Fig. 17), en él se pueden diferenciar que sus dimensiones y lados reciben los nombres de: Soga, tizón y grueso, considerando la soga la dimensión de mayor longitud, de esta manera las diferentes caras del ladrillo también reciben el nombre de tabla, canto y testa. Generalmente estas medidas son proporcionales, pero las dimensiones de los ladrillos pueden variar en función de la zona geográfica, la época, y la costumbre o tradición alfarera y/o constructiva del entorno.

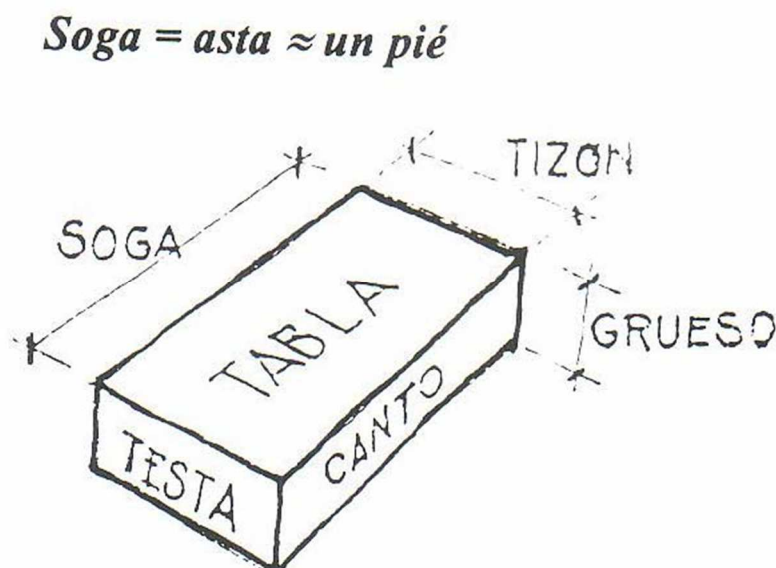


Fig. 17 Ladrillo cerámico. (Ortega Andrade, 1999).

Según la tipología de ladrillos encontraremos en los elementos arquitectónicos analizados unos ladrillos macizos, definidos como, “*Aquel que tiene masa compacta o con perforaciones en tabla de volumen no superior al 10 %. Puede presentar rebajes de profundidad no superior a 0,5 cm que dejen completo por lo menos un canto y las dos testas. La superficie de cada taladro en tabla no es superior a 2,5 cm<sup>2</sup>; el espesor de los tabiquillos entre taladros no es inferior a 1 cm, y el de los tabiquillos exteriores no es inferior a 2 cm.*” (Aroca Martínez, 2008)<sup>20</sup>.

Otro de los conceptos para tener en cuenta es el aparejo de las fábricas cerámicas. El concepto de aparejo se podría definir como, “*Nombre genérico de las distintas técnicas de disponer los materiales constructivos en un paramento o muro. Se suelen clasificar según el material empleado, su labrado o tallado o según su disposición en la pared. Los materiales empleados casi con exclusividad hasta nuestra era han sido la piedra (aparejos de piedra) y el ladrillo (aparejos de ladrillo) o la combinación de ambos (aparejo mixto). Los aparejos normalmente emplean algún tipo de elemento conglomerante como argamasa o morteros.*”<sup>21</sup>

### 3.3.2. Contexto Histórico

Gracias a la extensa tradición alfarera de la región, altamente conocida, la ciudad sevillana goza de numerosas muestras de edificios confeccionados y/o decorados con elementos de barro cocido. Este hecho surge por consecuencia de una pésima calidad de la piedra, la escasez de cantería y la lejanía entre las canteras y la ciudad de Sevilla. Por estos motivos se produce la adopción del ladrillo como material principal constructivo, fue así como el barroco sevillano lo adquiere como elemento representativo. Asimismo, el barro cocido, se empleará para otros elementos ornamentales, volviendo a una antigua tradición local que nace en la época almohade.

Durante el siglo XVIII en la Sevilla barroca podemos encontrar el ladrillo con dos soluciones constructivas: con un recubrimiento continuo, un enfoscado con mortero. O bien, cara vista, una pieza limpia. Esta última

<sup>20</sup> Aroca Martínez, M. (2008). *Análisis patológico, constructivo y aplicación del método estratigráfico murario en la fachada norte de la Iglesia de Santo Domingo de Murcia*. Proyecto de Fin de Carrera. Universidad Politécnica de Cartagena. E. U. de Ingeniería Técnica Civil. Arquitectura Técnica.

<sup>21</sup> <http://tesauros.mecd.es/tesauros/tecnicas/1012915.html>

terminación, a su vez, tenía dos tratamientos distintos. El primero de ellos, conocido como el ladrillo de junto, utilizado normalmente en pavimentaciones, soleras, elementos de protección de cubiertas sobre bóvedas. El segundo tratamiento, denotado como ladrillo limpio o cortado, se empleaba en paramentos de fachadas o portadas, torres, cúpulas, etc. Será este último acabado el que se emplearía para ejecutar la mayoría de los lucernarios, con la salvedad de los tres que se localizan en la zona palaciega, los cuales están realizados en piedra.

Hay que señalar que, en el ladrillo cortado, encontraremos dos procedimientos diferenciados. La primera de las prácticas consistía en la preparación del material en la alfarería, destinado para molduras, ingletes y elementos arquitectónicos de índole estético, como pilastras, columnas, basas, capiteles, etc. En el segundo procedimiento la talla del material se realizaba una vez ya colocado en obra, era necesario cuando se realizaban motivos decorativos vegetales o de contorno complejo. Lo encontraremos en columnas salomónicas, capiteles corintios, en huecos con mucha ornamentación y en elementos de trazas antojadizas.

### 3.3.3. Linternas Cerámicas

Pasaremos ahora a la descripción del estado actual del muro. Para ello se ha estudiado una de las linternas, concretamente la designada como L7 (Fig. 18), situada en la crujía de fachada sur. Se trata de un muro de fábrica de ladrillo con un espesor total de 44 cm (1 pie y medio), tomadas con mortero de cemento. Con un aparejo a tizón o a la española. Cuentan con unos ladrillos con escasa homogeneidad en sus dimensiones, por lo tanto, el mortero sirvió para el nivelado y corrección de la forma final del elemento. Quedando visible la fábrica en algunos puntos de la linterna, debido al desprendimiento del enfoscado.

Hay que destacar que en su interior está acabado con un revestimiento continuo de yeso, acompañado por una bella ornamentación realizada en yesería, estos elementos ornamentales se encuentran realizando una alusión a la yesería barroca sevillana del siglo XVII. En su exterior encontramos un enfoscado en estado aceptable debido a alguna intervención realizada, de la cual no he hallado información alguna. Sus acabados con baldosas de cerámica vidriada, de tono añil, y vasijas cerámicas de ornamento para rematar la cúpula.

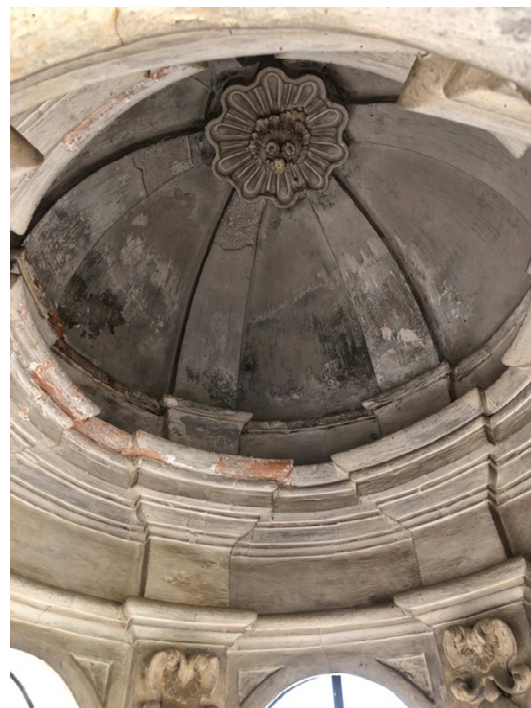
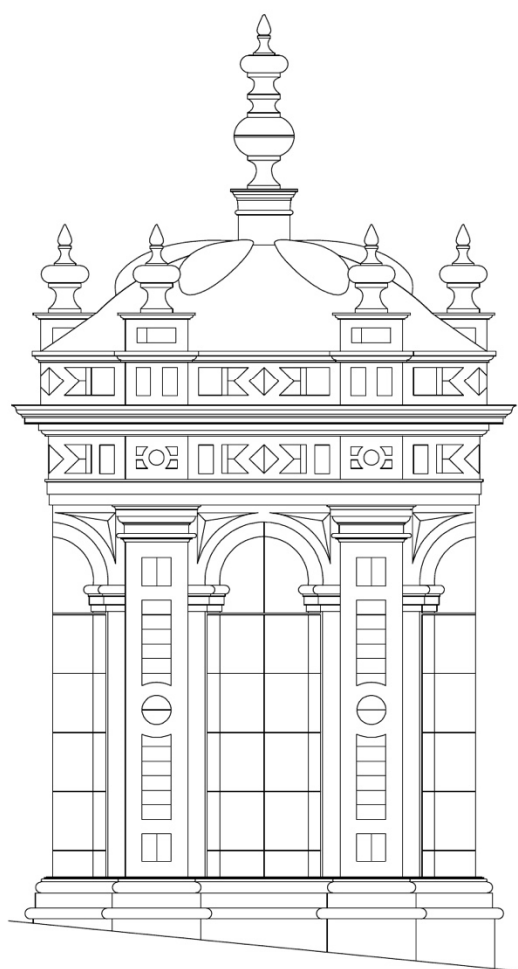
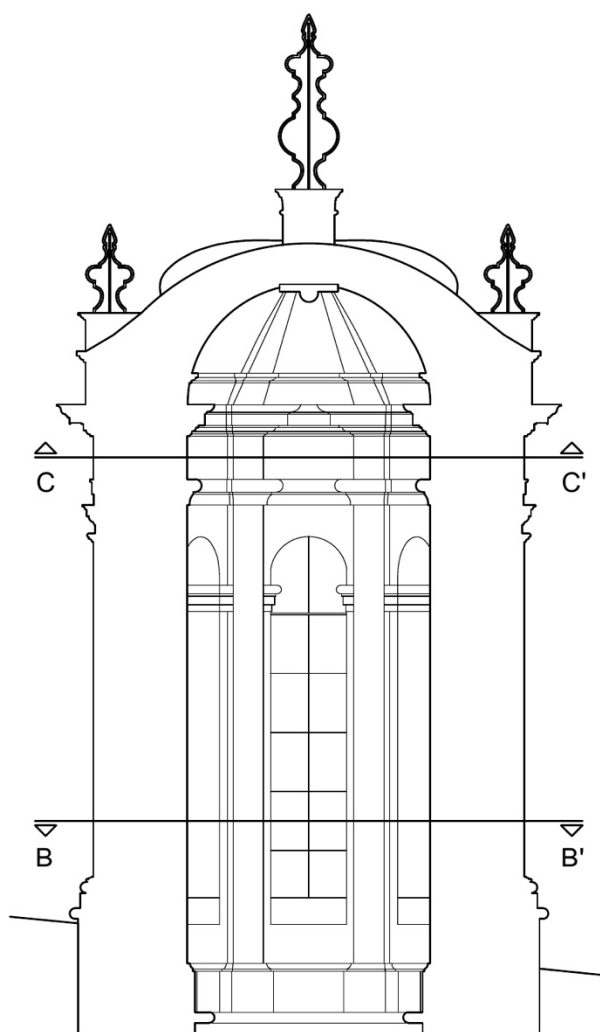


Fig. 18 Linterna L7. (Fotografía del autor, agosto 2018).

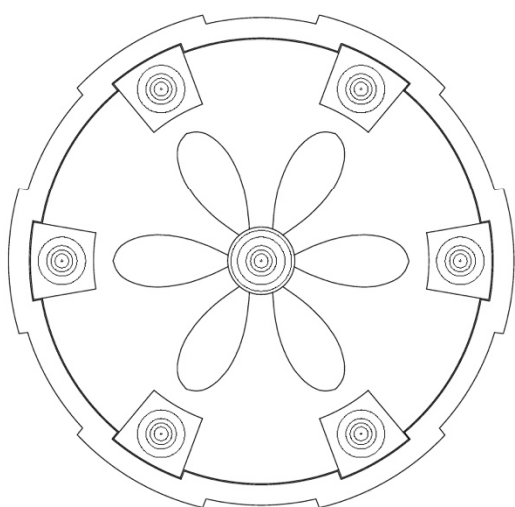
Para comprender de forma más nítida este elemento arquitectónico se ha realizado un levantamiento en dos dimensiones, mediante un programa de dibujo asistido por ordenador, del lucernario L7. A continuación se verá uno de sus alzados, una sección y un corte realizado a la linterna, para contribuir de forma visual con lo descrito en este apartado. Todo ello aparecerá en la Fig. 19 y 20.



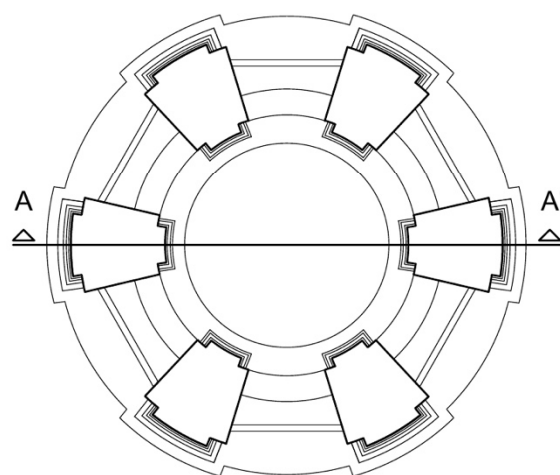
Alzado



Sección A - A'



Planta



Sección B - B'



Fig. 19 Levantamiento en 2D de Linera L7. (Elaborado por el autor, agosto 2018).



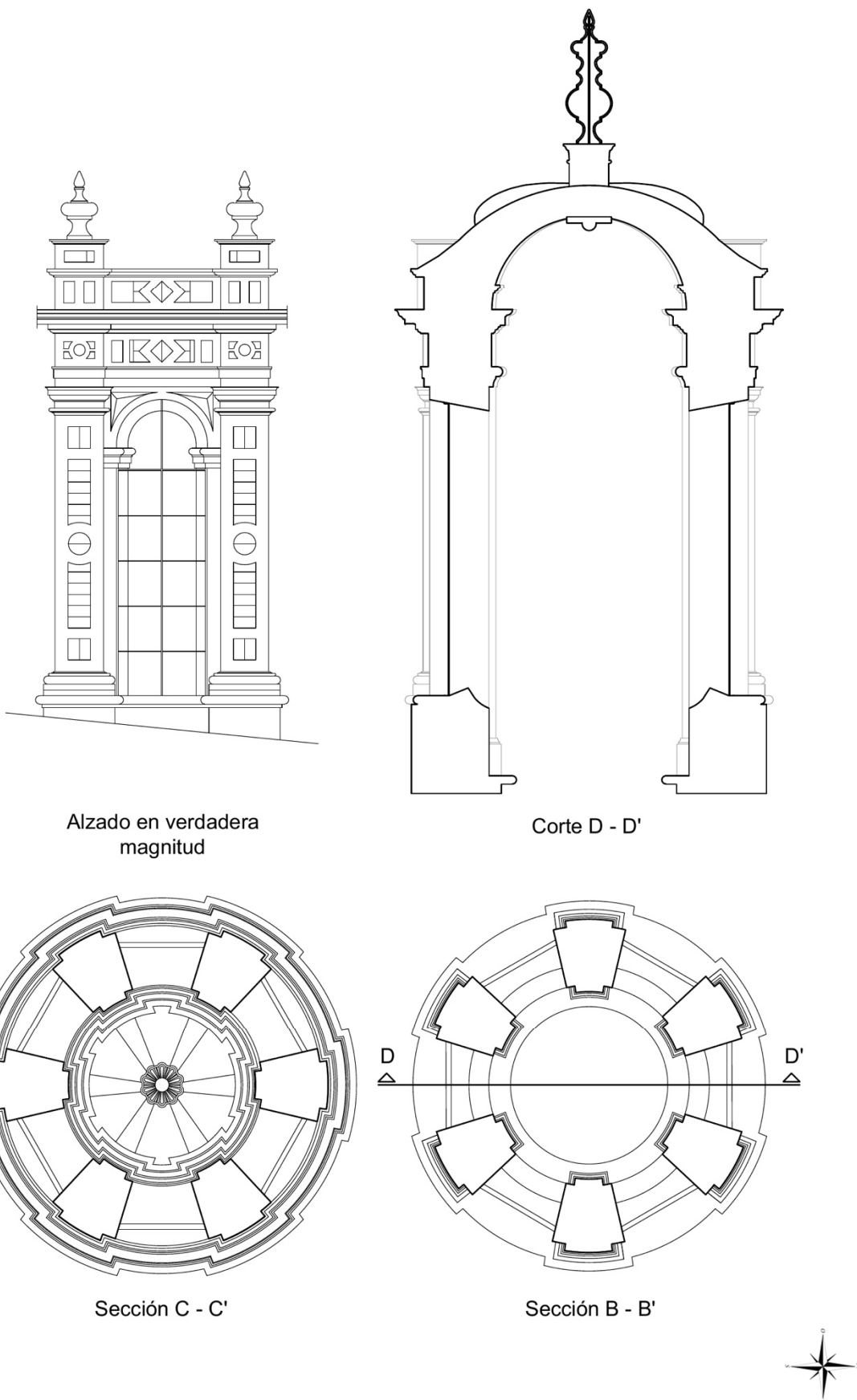


Fig. 20 Levantamiento en 2D de Linera L7. (Elaborado por el autor, agosto 2018).

Según lo observado en estos elementos constructivos nos encontramos con ladrillos macizos, los cuales presentan una dimensión aproximada de 29 x 14 x 3,5 cm. Podremos encontrar un modelo teórico de esta tipología de ladrillo con estas mismas dimensiones en la norma M.V. 201-1972, «Muros resistentes de fábrica de ladrillo»<sup>22</sup>. Basándonos en este ejemplo podríamos obtener diferentes valores, como la resistencia a compresión del material, comprendida entre 70 y 300 kg/cm<sup>2</sup>. Se trata de un intervalo con demasiada holgura, pero es una aproximación a los valores reales, ya que para conseguirlos habría que realizar ensayos sobre probetas o en elementos de la propia fábrica, utilizando preferentemente métodos no invasivos.

Así mismo podríamos establecer un valor próximo para la resistencia tracción de las piezas, entorno a un 3% de la resistencia a compresión del material. Siguiendo con el modelo teórico se atribuiría un bajo módulo de Young, comprendido entre 50.000 y 250.000 Kg/cm<sup>2</sup>.

Los muros, realizados en estas antiguas construcciones, tienen una envergadura de gran formato a diferencia de los realizados actualmente. Sin embargo, la debilidad de las fábricas cerámicas no residía en el propio material, más bien en el elemento de cohesión, el mortero. Generalmente se trataba de un mortero de cal, aunque en nuestro caso se trata de morteros de cemento, con una dosificación tradicional de 1:3. Ha sido este material el que más ha acusado el daño sufrido por el paso de las décadas, y la escasa labor de mantenimiento.

Para el caso del mortero especificar el valor de la resistencia a compresión es una tarea complicada, aun así, existen datos obtenidos de la experiencia y pruebas realizadas. De estos se pueden deducir que se encuentra comprendida entre valores entre 20 y 77 Kg/cm<sup>2</sup>, no obstante, estos valores son aproximativos y carecen de rigor técnico debido a la ambigüedad de los ensayos. Así pues, sería necesario realizar la extracción de probetas para ensayarlas y verificar valores verídicos.

### 3.4.La Fábrica Pétreo

#### 3.4.1. Las rocas

Según la ciencia de la geología podríamos definir el vocablo “roca”, y no confundir con el término piedra, como: “Una roca es un agregado de uno o varios minerales que se encuentra de manera natural y en estado sólido en la corteza terrestre y el manto. (...) Una roca es una sustancia solida formada de manera natural.”(‘Parte I. Algunos Conceptos Geológicos Básicos. Parque Natural Sierra Norte de Sevilla’)

Se ha realizado una investigación documental, con el propósito de averiguar la tipología geológica de las rocas que componen las linternas y, además, de esta forma poder establecer en a posteriori una propuesta de intervención. Existe un documento revelador, se trata de un estudio<sup>23</sup> realizado en el año 2013, donde encontraremos un análisis de los diferentes fósiles hallados en los revestimientos de piedra natural que configuran el edificio.

*“Un resumen de las piedras que se observarán, con sus fósiles y rasgos principales, se presenta en la tabla y en las fotografías al final de estas líneas. (...) Los puntos han sido seleccionados con el fin de recorrer, por su orden, los tiempos geológicos desde el Jurásico hasta casi la actualidad. Se comparará así la fauna marina del Mesozoico (Jurásico y Cretácico) y la del Cenozoico (Paleógeno y Neógeno)”* (Baxter et al., 2013).

A continuación, en la Fig. 21, veremos una “Tabla sinóptica de las rocas que se observarán en el recorrido, y sus características principales. Nótese que cubren, a grandes rasgos, todos los periodos desde el Jurásico hasta la actualidad. Los seis tipos de roca se corresponden con las fotografías de la página siguiente, en el mismo orden. Los nombres entre comillas son los nombres comerciales de la piedra de construcción. Ma. A.P.= millones de años antes del presente” (Baxter et al., 2013).

<sup>22</sup> Decreto 1324/1972, de 20 de abril, por el que se establece la norma M. V. 201-1972, «Muros resistentes de fábrica de ladrillo». Se hace referencia a este Decreto, marco en materia de fábricas de ladrillo en España, debido a la mayor aproximación temporal con las piezas realizadas en el siglo XVIII que la norma actual.

<sup>23</sup> Baxter, R. Hastings, N. Law, A. Glass, E. J. (2013) *Geología urbana de Sevilla*. Universidad Pablo de Olavide.

Era	Periodo	Roca	Fósiles	Medio de origen	Procedencia
Mesozoico (250-65 Ma. A.P.)	Jurásico (205-135 Ma. A.P.)	Caliza blanca oolítica	Oncolitos	Fondo marino plano y somero, agitado, cálido, de arenas blancas	Morón (Sevilla)
		Caliza roja nodulosa ( "Rojo Alicante", "Rojo Coralito")	Ammonites Belemnites Braquiópodos	Fondo marino más profundo, tranquilo y arcilloso	Varias (Murcia, Alicante)
	Cretácico (135-65 Ma. A.P.)	Caliza negra arrecifal ( "Negro Markina")	Rudistas Corales	Fondo marino somero, agitado, con arrecifes de rudistas	Markina (Vizcaya)
Cenozoico (65-1,8 Ma. A.P.)	Paleógeno (65-23 Ma. A.P.)	Caliza amarilla nummulítica ( "Crema Marfil")	Nummulites	Fondo marino somero tapizado de nummulites	Varias (Alicante)
	Neógeno (23-1,8 Ma. A.P.)	Calcarenita ( "Piedra Bateig")	Erizos de mar excavadores y sus rastros	Fondo marino con avalanchas de arena	Novelda (Alicante)
		Caliza bioclástica ( "piedra ostionera")	Ostreidos Pectínidos <i>Clypeaster</i>	Fondo marino somero, agitado, arenoso	Puerto Real (Cádiz)

Fig. 21 Tabla sinóptica de las rocas. (Baxter et al., 2013).

Las rocas que vamos a analizar en este trabajo se tratan de calizas y calcarenitas, ambas pertenecientes al grupo de rocas sedimentarias. Este grupo se originan debido a la petrificación de los sedimentos, es decir por acción de la acumulación de materiales a consecuencia de la erosión, el transporte y la sedimentación.

Habría que diferenciar entre dos subgrupos, ya que, en el caso de las calcarenitas pertenecen a las rocas detríticas, las cuales deben su origen a la acumulación de partículas sólidas, independientemente del lugar de la superficie terrestre donde se produzca la sedimentación, sobre tierra o bajo el mar. Sin embargo, en el caso en el que nos refiramos a las calizas nos encontraremos con otro subgénero, las rocas sedimentarias químicas, las cuales se deben a la precipitación de una solución, principalmente acuosa.

La procedencia de las calizas, empleadas en la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla, se localiza en las canteras de la sierra de Estepa, al menos el material de ejecución para los aplacados que cubren el alma de piedra calcarenitas que conforman los muros del edificio original. Probablemente la variedad de calizas oncolíticas de grano grueso sea la utilizada en la Real Fábrica, debido a su idoneidad para realizar elementos estructurales y ser labradas. Son piedras de alta compacidad, con una densidad aparente que varía entre 2,48 y 2,60 g/cm<sup>3</sup>, material de resistencia media-alta. Estos valores son el resultado de unos estudios<sup>24</sup> realizados, estos resultados son estimativos y dependerán en función de la piedra, ya que las propiedades físico-mecánicas están influenciadas las características texturales y estructurales de los poros en el interior de las rocas.

### 3.4.2. Linternas de Sillería

Reciben este nombre las fábricas compuestas por rocas de cantera, a las cuales se les ha realizado una labor de labrado o desgastado hasta adquirir la forma geométrica deseada. Generalmente se tratan de elementos prismáticos de apariencia y tamaño regulares, al menos en sus caras labradas, de tal forma que la fábrica presenta un aspecto en hiladas uniformes. La fábrica se compone de elementos tallados, los sillares, que serán la base para la confección de estas.

<sup>24</sup> Instituto de Geología (Spain), P. et al. (1995) *Estudios geológicos*. Instituto de Investigaciones Geológicas 'Lucas Mallada'.

Pondremos, como en el apartado anterior, un caso ejemplo. Vamos a analizar uno de los lucernarios laterales, en concreto veremos la descripción de la linterna L1, aunque podríamos hablar de las linternas L1 y L3 por su semejanza compositiva. Se expondrá a continuación una imagen de archivo (Fig. 22), en la cual se muestra un pequeño croquis a mano alzada del elemento constructivo, para realizar una breve medición de sus componentes y un presupuesto estimativo en pesetas.

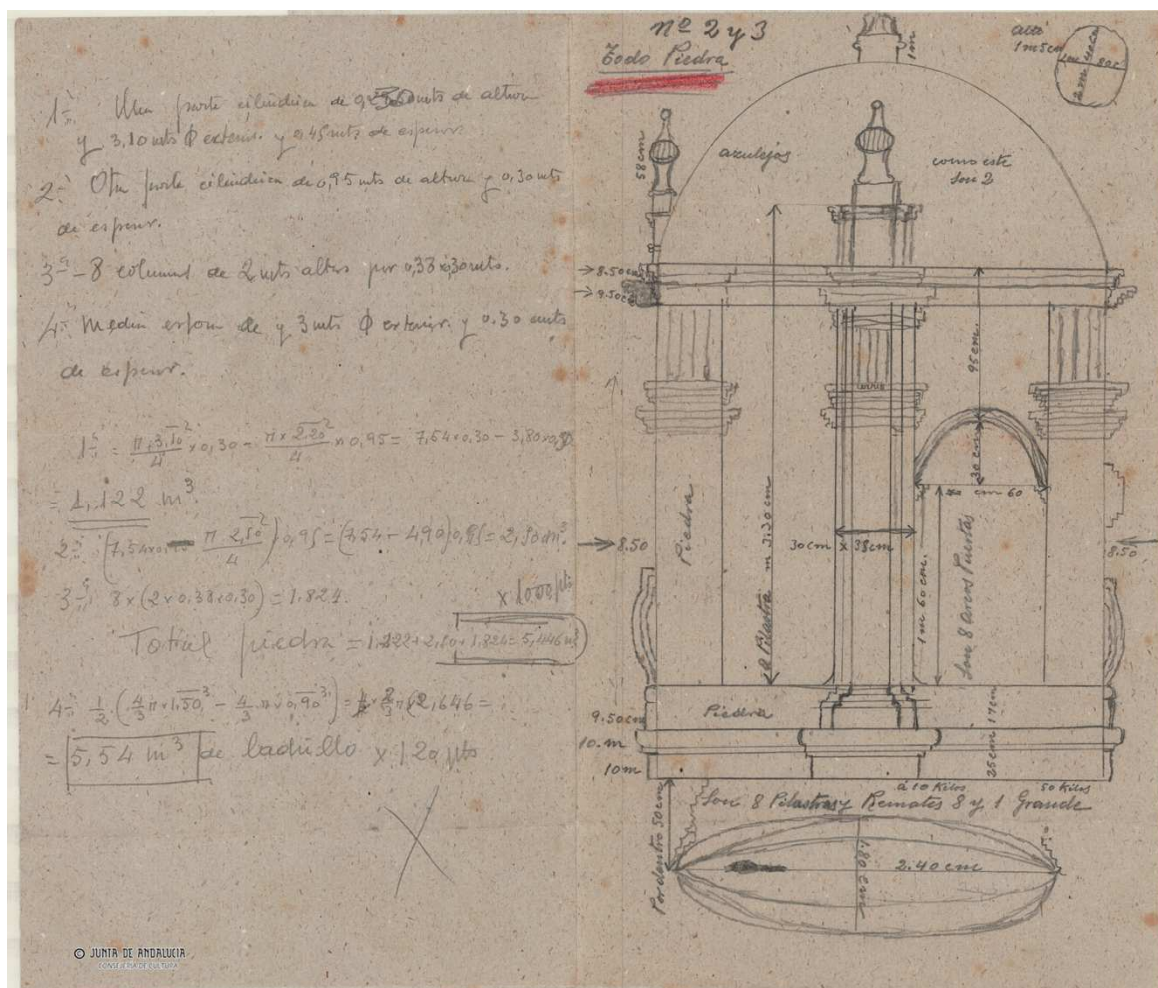


Fig. 22 Croquis, medición y presupuesto de una linterna. AHPSe, fondo Fábrica de Tabacos de Sevilla, signatura ES41003AHPSE\_TABACO\_FT127\_10 PL.jpg

De esta forma se podría definir a la sillería como “mampostería de sillares”, un término poco adecuado pero representativo de la idea. Así mismo habría que realizar una diferenciación en lo referente a la tipología de la sillería. En nuestro caso encontraremos unas linternas ejecutadas con una sillería ordinaria, es decir, cuenta con relativa homogeneidad, con dimensión preferente en el espesor de la pieza. Además, se aprecia que se mantienen las alturas en todos los sillares, con lo cual podemos añadirle el calificativo de sillería regular. De hiladas regulares, no es apreciable a simple vista ningún tipo de aglomerante entre los sillares. Con posibilidad de que se encuentren a hueso, con un hipotético cajeado y espiga.

En relación con el aspecto estético y en razón al tratamiento superficial que reciben sus caras podemos definir una superficie lisa, de origen. Tendríamos que hacer una excepción de las irregularidades y el deterioro causado por las condiciones ambientales a las que han sido expuestas las linternas. Es claramente visible que no se trata de un elemento cilíndrico perfecto, existen ciertos desplomes y ornamentos labrados en el propio sillar, que dotan de una hermosa y peculiar forma a estos tres lucernarios.

Eso sí, cabe destacar que la linterna central presenta una composición diferente a los elementos arquitectónicos laterales. Tal es el caso que, no sólo presentan una composición ornamental diferente en el tallado de las formas, sino que también varía el uso del material. Mientras que, en la linterna central vemos un uso único de la roca caliza, en las laterales nos encontramos con el empleo de la roca sedimentaria hasta cierta altura. Se trata por tanto de una combinación de ambas piedras en las linternas de mayor tamaño.

## SEGUNDA PARTE

### Metodología para el Levantamiento de las Linternas de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla

---

## Capítulo 1. Introducción a los Métodos

*Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo.*

- Albert Einstein -

Se denota como método al “modo ordenado de proceder para llegar a un resultado o fin determinado, especialmente para descubrir la verdad y sistematizar los conocimientos”<sup>25</sup>

### 1.1. El Método Tradicional

El levantamiento arquitectónico se entiende como la representación gráfica con carácter científico-técnico, de un elemento arquitectónico ya construido (Barrera Vera, 2006)<sup>26</sup>. En resumidas cuentas, se trata de reproducir, a escala y en formato gráfico, la geometría y singularidades volumétricas del elemento a levantar. Para obtener este levantamiento, generalmente, se ha realizado a través de una metodología de trabajo. Este método consiste en los siguientes puntos:

- Trabajo de campo, donde se realiza la toma de datos, reuniendo in-situ los parámetros geométricos necesarios para realizar el posterior levantamiento. Este proceso puede realizarse mediante métodos con contacto, como el uso de plomada cinta métrica, etc.; o bien por métodos sin contacto, como fotografías, uso de estaciones totales, escáner laser, etc.
- Trabajo de gabinete, labor de procesar y gestionar los datos para la creación de un modelo aproximado más semejante al elemento estudiado.
- Presentación, obtención de la documentación gráfica final para la difusión o el conocimiento del estudio realizado al objeto de estudio. Claro ejemplo el obtenido en las fig. 17 y 18, contenidas en un apartado anterior de este trabajo.

Existen diferentes problemáticas referidas al uso de esta metodología de trabajo. Haciendo alusión a todos los procesos, podríamos percibir que, la autoría de todas las partes se realiza por una única persona capacitada, lo que supone una desvinculación de la multidisciplinariedad que poseen los actuales trabajos científicos. Todas las fases se ven alteradas por el notable incremento de los medios disponibles actualmente, y por consiguiente sería necesario una diversificación en la actuación de los técnicos responsables del levantamiento, atendiendo al tipo de demanda y la sofisticación de los productos.

Hace no muchos años la necesidad de un levantamiento era solventada con una respuesta técnica universal, constituida por el plano de planta, los alzados principales y un mínimo esencial de secciones para representación del elemento a definir. Dista mucho del resultado que podemos obtener en la actualidad, debido a las nuevas tecnologías y al alto grado de especificación en los diferentes ámbitos de estudio.

---

<sup>25</sup> <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=P7dyaFK>

<sup>26</sup> Barrera Vera, J. A. (2006) *Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del Patrimonio Arquitectónico y Arqueológico*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.



## 1.2. La Fotogrametría

“Según su etimología la palabra fotogrametría deriva de las palabras foto- (del griego  $\phi\omega\tau\omicron$ -, luz), -grama (Del gr.  $\gamma\rho\acute{\alpha}\mu\mu\alpha$ , letra, escrito) y -metría (Del gr.  $-\mu\epsilon\tau\rho\acute{\iota}\alpha$ , medida)<sup>1</sup>, por lo que podríamos resumir de una forma simple la misma como la técnica de plasmar la realidad proporcionada y a escala mediante imágenes.” (Santos Maestre, 2014)<sup>27</sup>.

La fotogrametría es una metodología con la cual “obtener la verdadera magnitud representada en las imágenes fotográficas a través del tratamiento matemático de sus distorsiones y nos permite medir y esbozar en distancias reales sobre la documentación gráfica obtenida mediante el tratamiento de las mismas” (Santos Maestre, 2014).

Redundando en el término, según la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS), se definiría como “... arte, ciencia y tecnología de obtener información fiel acerca de objetos físicos y su entorno a través de procesos de grabación, medición e interpretación de imágenes fotográficas y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos”.

Este procedimiento de trabajo mejora el rendimiento del proceso debido a la reducción temporal en el trabajo de campo, pudiéndose obtener mediciones fiables de forma indirecta, contando además con la facilidad que conlleva la ejecución del proceso. Debido a lo expuesto encontraremos la aplicación de este método en una diversa variedad de campos de trabajo, así como la arquitectura, cartografía, restauración, arqueología, etc.

Mediante la fotogrametría podemos adquirir información sobre los volúmenes físicos mediante la grabación, medición e interpretación las fotografías. Gracias a esto se podrán generar modelos tridimensionales exactos, considerando unos errores admisibles en el tratamiento de la información, además de una planimetría que se ajuste bastante a la realidad de lo edificado. Todo ello hace de este sistema una potente herramienta para el análisis y valoración del patrimonio arquitectónico.

Es de interés conocer el funcionamiento de este método (Fig. 23), según la web de Difusión Digital del Patrimonio Arquitectónico Aragonés, “El proceso se realiza gracias al uso de distintos algoritmos que permiten hallar los puntos homólogos (o puntos clave) entre las distintas imágenes implementadas, tomando como base la información radiométrica de modo automatizado. En este sistema lo que se va a generar es una nube de puntos, siguiendo el principio de la triangulación automática, para poder construir modelos tridimensionales. A esta metodología se le denomina SfM (Structure from Motion)<sup>28</sup>”.

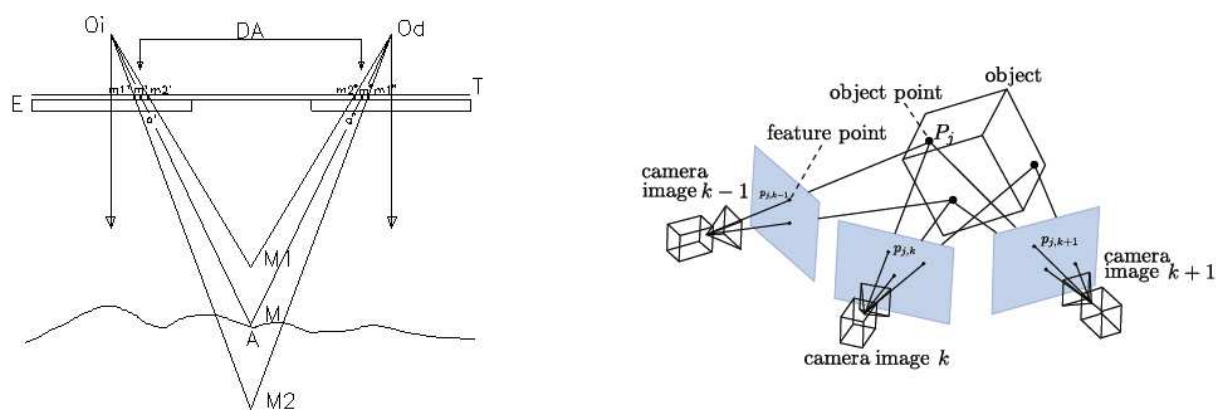


Fig. 23 Medición estereoscópica y principios de la fotogrametría (DDPAA).

<sup>27</sup> Santos Maestre, C. (2014) *Aplicación arquitectónica de la fotogrametría digital para levantamiento gráfico y fotogramétrico de fachadas en Palacete Prytz*. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alicante.

<sup>28</sup> <https://sites.google.com/site/ddpatrimonioarqaragones/home/levantamiento-arquitectonico-definicion-y-uso-de-la-fotogrametria>

En lo referente a este trabajo, y al ámbito de estudio al que se refiere, la fotogrametría es una metodología “especialmente adecuada” para intervención y conservación del patrimonio. Así queda reflejado en la publicación *Aplicación de la topografía y la fotogrametría a la intervención en el patrimonio*<sup>29</sup>, donde sus autores consideran que “la fotogrametría y la topografía son insustituibles en el levantamiento de planos de edificios históricos”, y por consiguiente se vuelve una potente herramienta para “reconstruir la geometría y dimensiones de una edificación en un sistema de coordenadas espaciales (X, Y, Z)”. En este trabajo de fin de grado vamos a obtener, utilizando dicha metodología de trabajo, información gráfica y un levantamiento fotogramétrico en tres dimensiones de una de las linternas.

### 1.3. La Metodología BIM

El nacimiento de la idea principal de esta metodología, según la publicación de consulta (Gómez Rodríguez, 2015)<sup>30</sup>, tiene su origen a mediados del siglo XX, donde surgiría la siguiente publicación *Augmenting Human Intellect: A conceptual framework*, un texto redactado por Douglas C. Engelbart. Se cita textualmente en dicha obra lo siguiente:

“...the architect next begins to enter a series of specifications and data -- a six-inch slab floor, twelve-inch concrete walls eight feet high within the excavation, and so on. When he has finished, the revised scene appears on the screen. A structure is taking shape. He examines it, adjusts it, pauses long enough... These lists grow into an ever more-detailed, interlinked structure, which represents the maturing thought behind the actual design”

Una traducción aproximada del texto al castellano sería “...el arquitecto comienza a ingresar una serie de especificaciones y datos: un piso de losas de seis pulgadas, paredes de hormigón de doce pulgadas de alto ocho pies dentro de la excavación, y así sucesivamente. Cuando ha terminado, la escena revisada aparece en la pantalla. Una estructura está tomando forma. Lo examina, lo ajusta, se detiene el tiempo suficiente ... Estas listas se convierten en una estructura interconectada cada vez más detallada, que representa el pensamiento de maduración detrás del diseño real”

Podemos apreciar como Douglas C. Engelbart expone en este fragmento el planteamiento de una idea para posibilitar el diseño de una serie de objetos, los cuales pueden configurarse mediante un tratamiento paramétrico, volcados en una base de datos que relaciona todo en un modelo virtual, y que, auxiliados de un equipo informático podríamos ir modificando para ver los datos reflejados en pantalla.

Actualmente existen abundantes definiciones para dar a entender de qué se trata la metodología BIM, sin embargo, una de las denotaciones más acertadas y completas, en base a las descripciones analizadas, es la realizada por Begoña Fuertes en su obra *Impacto de BIM en el proceso constructivo español*<sup>31</sup>. Se trata de “una metodología de trabajo que consiste en la creación, gestión y almacenamiento de información sobre todas las propiedades o características de cada una de las partes de una construcción, como la suma de las partes y del edificio o construcción como entidad en sí misma, en una determinada ubicación y con un determinado entorno”.

Se trata por tanto de una metodología colaborativa, donde se realiza un modelo virtual del edificio. A este modelo cada integrante del proceso constructivo le añade la información relativa a su ámbito de trabajo, de forma que se concentre toda la información en un único archivo. De esta forma se consigue una centralización y coordinación de toda la información. Así pues, un número diverso de técnicos pueden trabajar solidariamente en un proyecto conjunto, asegurando que el mínimo cambio que se realice será visible para todos. Por consiguiente, el equipo técnico estaría en todo momento actualizado, de que se pretenda o se esté ejecutando, a tiempo real.

<sup>29</sup> Maza Vázquez, Fco - Da Casa Martín - López Viejo Jorge Luis - Lorenzana Fernández, Marta (2011) *Aplicación de la topografía y la fotogrametría a la intervención en el patrimonio*. Madrid: Servicio de Publicaciones, Universidad de Alcalá.

<sup>30</sup> Gómez Rodríguez, M. (2015) *Integración de procesos BIM en levantamiento de edificios existentes: edificio de laboratorios de la E.T.S.I.E., Campus Universitario Reina Mercedes, Sevilla*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Sevilla.

<sup>31</sup> Fuentes Giner, B. (2014) *Impacto de BIM en el proceso constructivo español*. Valencia: Servicios y comunicación LGV.

## Capítulo 2. Levantamiento Tradicional

*El hombre nunca mira al cielo porque siempre lo tiene a la vista.*

- Jean de Monet -

El levantamiento llevado a cabo en este apartado se ha realizado sobre el lucernario L7, situado en la crujía de fachada norte. Antes de comenzar y profundizar en otros métodos más avanzados debemos prestar atención a la base de estos, al fundamento. El punto de partida, para realizar cualquier método actual, será mediante la aplicación de las técnicas clásicas.

### 2.1.Trabajo de Campo

Partiendo desde el objetivo primordial, la representación del objeto arquitectónico, hay que establecer que la documentación planimétrica será fundamental. Es decir, con su adecuada proyección geométrica, dimensional y escalada del elemento arquitectónico. Si queremos elaborar unos planos con el suficiente rigor técnico, se hace imprescindible diferenciar las formas teóricas de las inherentes a la volumetría del objeto de estudio. Así pues, se procedió inicialmente al croquizado (Fig. 24) y a la lectura dimensional de la linterna. Los diversos croquis con sus dimensiones fueron realizados in situ, debido a la falta de documentación gráfica existente de estos elementos arquitectónicos, hasta ese momento. Una labor llevada a cabo con ayuda de un par de cintas métricas, un distanciómetro laser y las herramientas de dibujo.

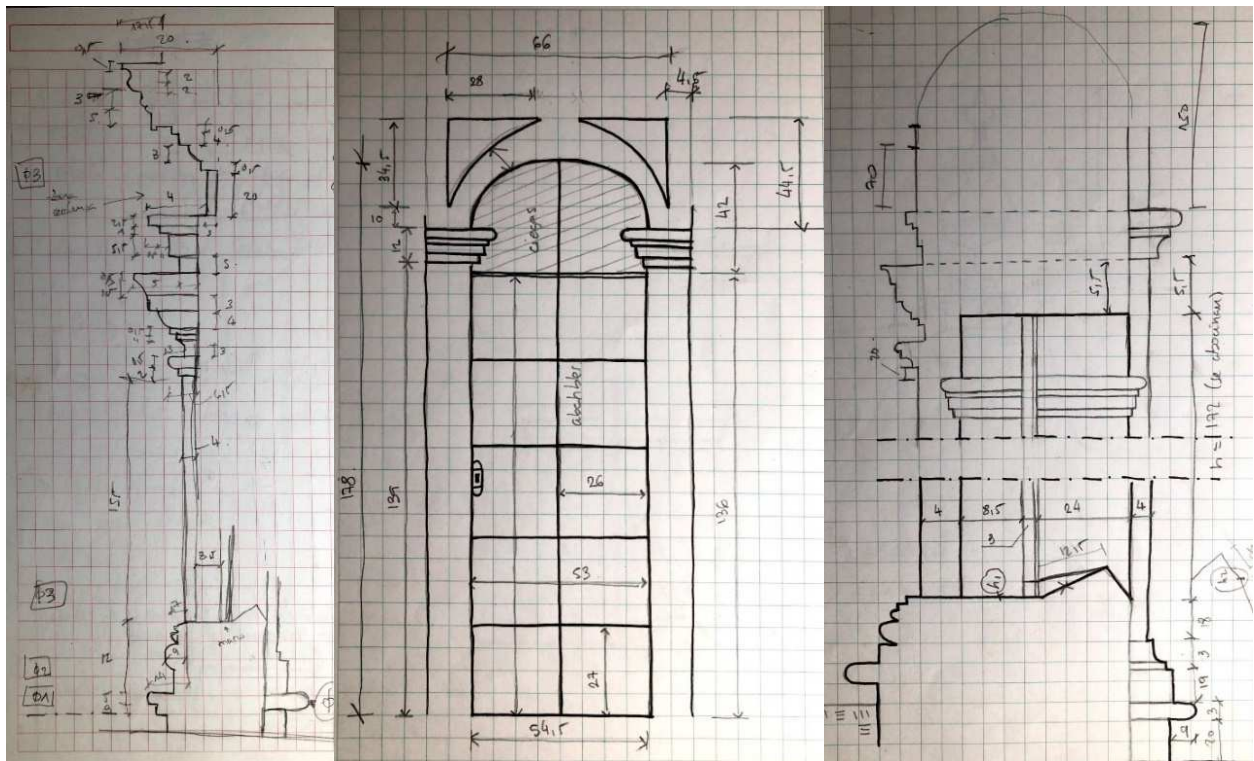


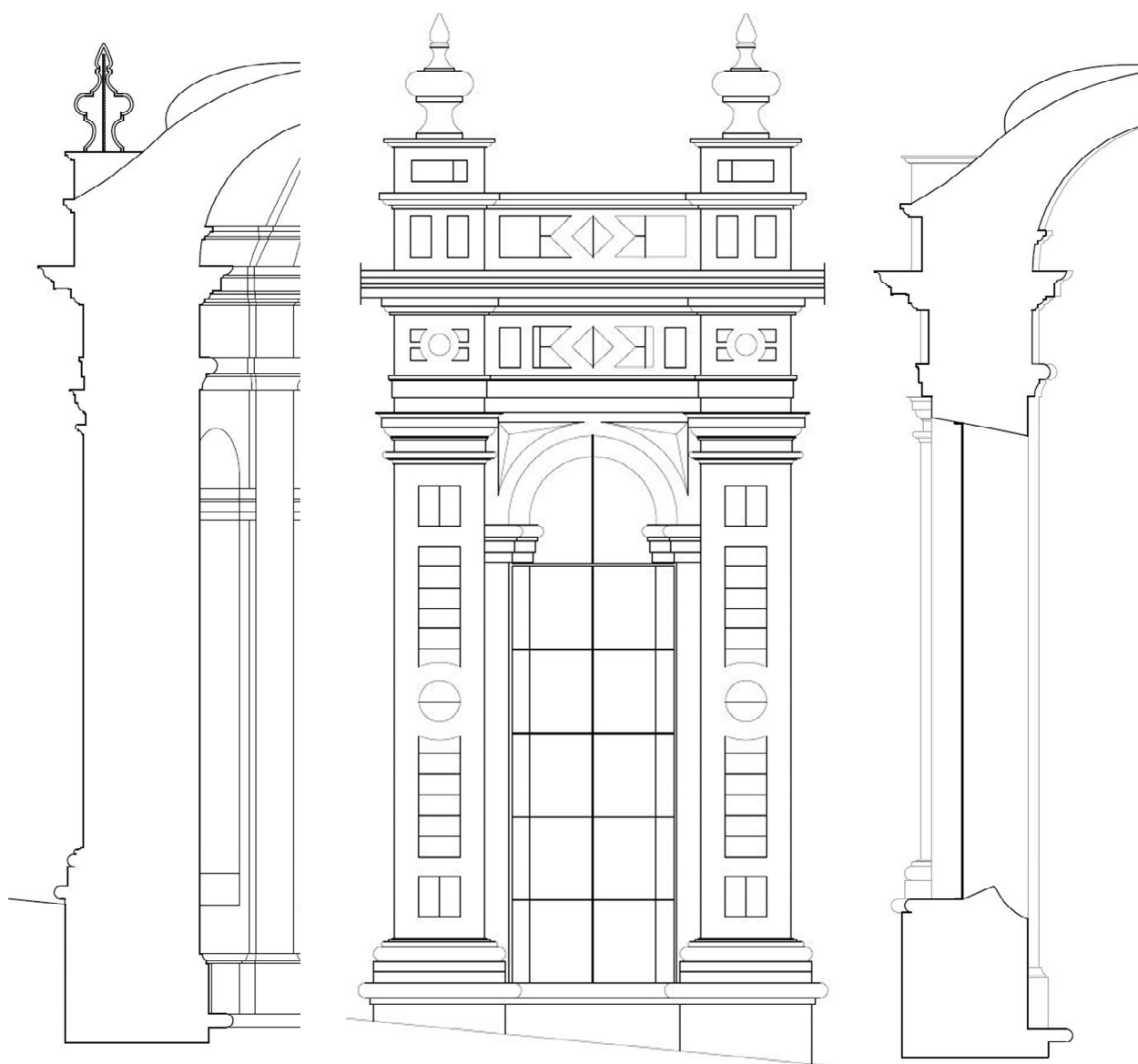
Fig. 24 Croquis realizados a la Linterna L7. (Elaborado por el autor, septiembre 2017).



Resultó de gran ayuda contar con dos cintas métricas, una era rígida y la otra enrollable. Con la primera se tomaron las medidas de altura, grosores, etc. La segunda se utilizó para obtener los diversos perímetros de la linterna. Para las alturas considerables, a las que con ayuda de la cinta no se pudo alcanzar, se utilizó una herramienta integrada en el distanciómetro laser. Así pues, gracias a la trigonometría, se obtuvieron las dimensiones para completar el levantamiento manual.

## 2.2.Trabajo de Gabinete

Este proceso fue realizado mediante un software de dibujo asistido por ordenador, en concreto se utilizó AutoCAD® 2019. Resultó una tarea con relativa facilidad debido a la correcta toma de datos, el resultado gráfico final podrá encontrarse en los anexos del trabajo. Veremos en la Fig. 25 la elaboración con el ordenador de los croquis expuestos con anterioridad.



*Fig. 25 Procesado en CAD de croquis de la Linterna L7. (Elaborado por el autor, septiembre 2017).*

Se obviará en este trabajo la descripción del proceso de elaboración planimétrica con el programa de CAD. Sin desvirtuar la labor que se ha realizado. Esto será debido al extenso uso y conocimiento de esta metodología de trabajo.

## Capítulo 3. El Levantamiento Fotogramétrico

*Si pudiera decirlo con palabras, no iría todos los días cargado con mi cámara.*

- Lewis Hine -

Para llevar a cabo el siguiente apartado se ha elegido una de las linternas como modelo, precisamente se trata de la linterna L7, la cual ha sido analizada previamente. Además de su levantamiento de forma tradicional, contaremos con un levantamiento fotogramétrico, obteniendo un resultado gráfico teóricamente mucho más preciso que el realizado manualmente, contando con ayuda de programas de dibujo asistido por ordenador.

### 3.1. Software utilizado

Para realizar este levantamiento hemos contado con un programa de la compañía Agisoft®. Esta compañía lleva desde el 2006, año de su creación, desarrollando variados proyectos e intervenciones fotogramétricas. Precisamente se ha usado para realizar este apartado del trabajo el denominado *Agisoft PhotoScan Professional*® en su versión 1.4.4 build 6848, auxiliados de una licencia educacional.

“Agisoft PhotoScan es un software de escritorio para procesar imágenes digitales y, mediante la combinación de técnicas de fotogrametría digital y visión por computador, generar una reconstrucción 3D del entorno”<sup>32</sup> Por ejemplo en la Fig. 26<sup>33</sup> podremos apreciar la potencia gráfica del programa.

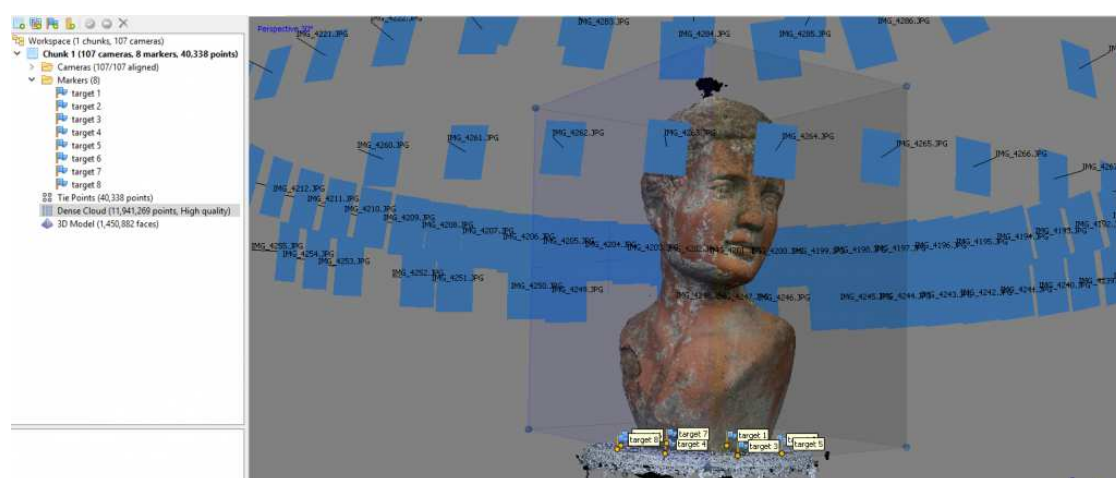


Fig. 26 Levantamiento de escultura. (Nick Lievendag, mayo 2017).

### 3.2. Trabajo de Campo

Antes de realizar la captura de las fotografías es preciso pensar en cómo va a tratar, a posteriori, estas imágenes el software. La dirección de las fotografías deberá ser convergente para que *Agisoft PhotoScan*® pueda trabajar con ellas, es decir, se tendrían que realizar las fotografías a una equidistancia simétrica en cada una de ellas, considerando la linterna el origen de esta convergencia. Esta labor resulta un poco compleja, debido a la cantidad de obstáculos que nos encontramos en la cubierta. Las fotografías deberán tomarse desde los diferentes frentes, y ángulos, de forma ascendente realizar un recorrido hasta la parte superior del elemento, queda mostrado en la fig. 27.

<sup>32</sup> <https://www.agisoft.es/products/agisoft-photoscan/>

<sup>33</sup> <https://3dscanexpert.com/agisoft-photoscan-photogrammetry-3d-scanning-review/>

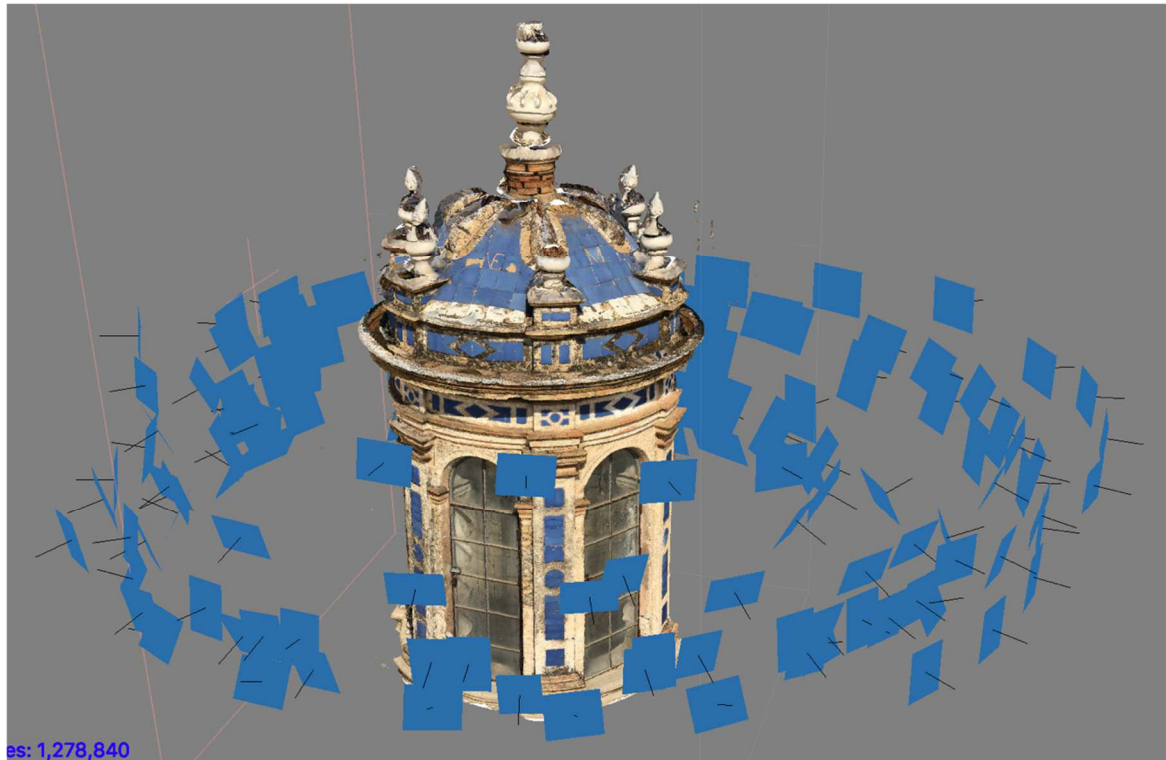


Fig. 27 Levantamiento fotogramétrico de linterna L7. (Elaborado por el autor, octubre 2018).

Otro punto fundamental es el solape entre las imágenes realizadas, será vital para la superposición de las fotos. Aunque con un solape entre fotografías del 40 o 50 % se pueden obtener muy buenos resultados, el presente trabajo se ha realizado con solapes del 80%, que, si bien aumenta exponencialmente el tiempo de procesamiento y requiere de ordenador de gran potencia en hardware, nos permite obtener resultados óptimos.

Será necesario para la correcta ejecución del levantamiento establecer unos marcadores de base, con la ayuda del levantamiento tradicional previo, y conociendo las dimensiones reales del elemento se establecen unos puntos de referencia para la definición de las coordenadas y dimensiones del elemento arquitectónico. Para ello, y mediante unos marcadores, podemos construir correctamente la linterna con el software.

### 3.3.Trabajo de Gabinete

Primeramente, se muestra el flujo de trabajo (Fig. 28) a realizar con *Agisoft PhotoScan*®, podemos verlo mediante el siguiente gráfico:

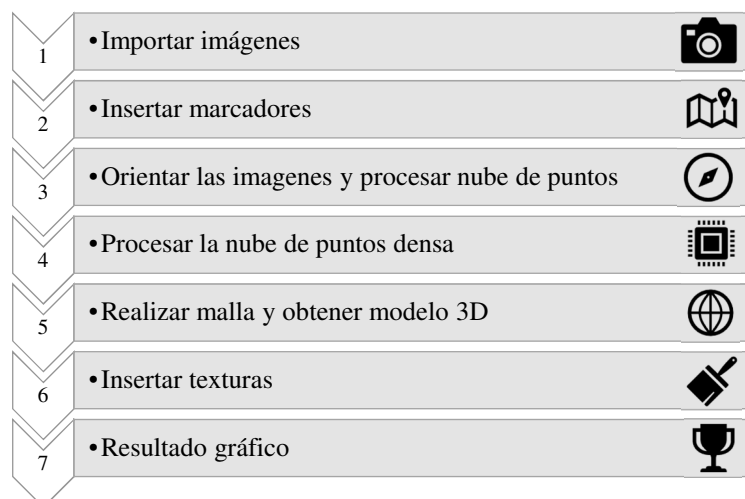


Fig. 28 Flujo de trabajo realizado para modelo fotogramétrico. (Elaborado por el autor, octubre 2018).

En segundo lugar, y continuando con lo establecido al final del apartado anterior, se han insertado los marcadores (Fig. 29). Estos también reciben el nombre de punto de control, tendrán funcionalidad doble. Por una parte, le darán indicaciones al software de la localización de puntos compartidos entre las diferentes imágenes, su colocación se realizará de forma manual. Por otro lado, será base para que el programa realice la orientación de las cámaras y el escalado del modelo, siendo necesario establecer valores numéricos para definir la distancia entre los diferentes puntos de control. Así el programa podrá establecer una relación de distancias y coordenadas entre los diferentes puntos.

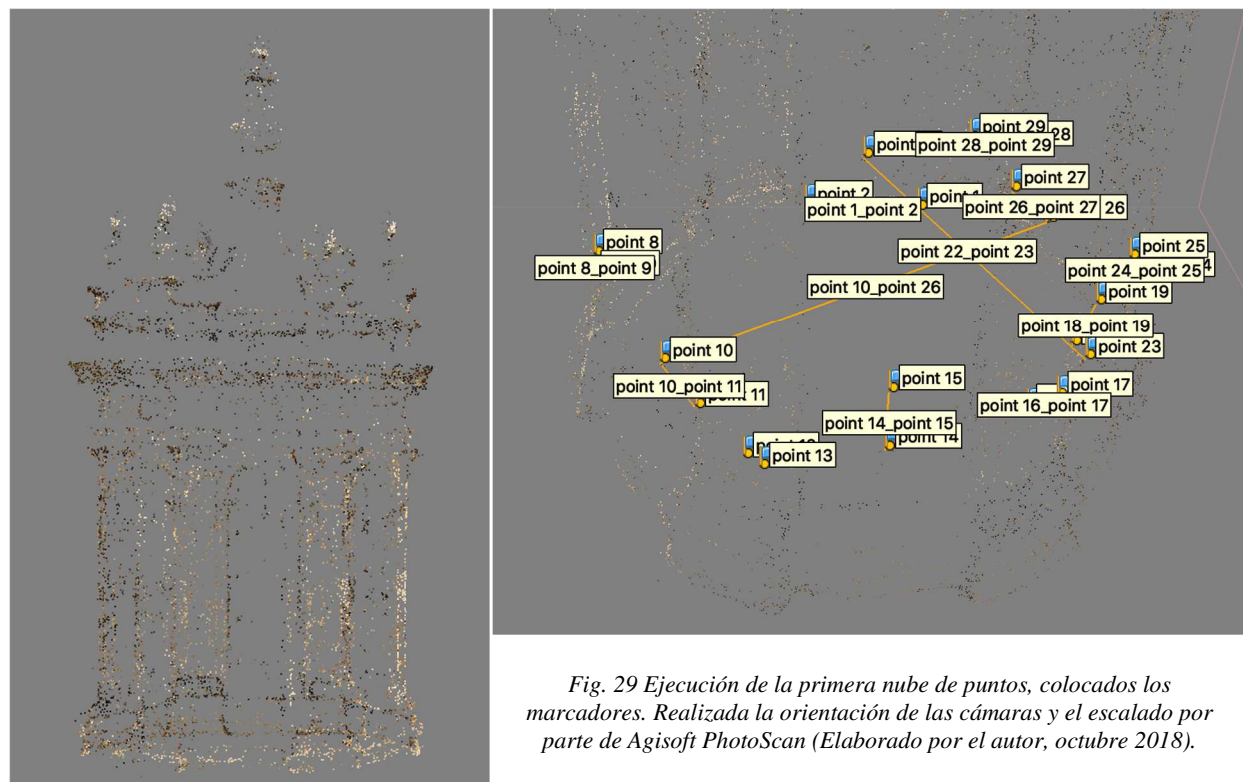


Fig. 29 Ejecución de la primera nube de puntos, colocados los marcadores. Realizada la orientación de las cámaras y el escalado por parte de Agisoft PhotoScan (Elaborado por el autor, octubre 2018).

El proceso continúa realizando las “máscaras” (Fig. 30), estos elementos servirán para optimizar el procesado de las fotografías por parte del programa. Realizadas formas manual, serán indispensable para ocultar ciertas zonas y descartarlas en el procesado. Es decir, delimitamos para limpiar las imágenes, eliminando así todos los elementos que no aportan información para el levantamiento, como el cielo, el suelo, la vegetación anexa, y demás objetos que no formen parte del elemento a levantar. Las máscaras eliminarán las zonas sombreadas de las imágenes, tal y como se observa en la Fig. 30, al tratarse de una delimitación manual y tener que ser realizado el proceso en todas las fotografías se tratará por tanto de un trabajo bastante laborioso. Aun así, por la gran calidad del resultado final, se hace una tarea indispensable si queremos un riguroso levantamiento.

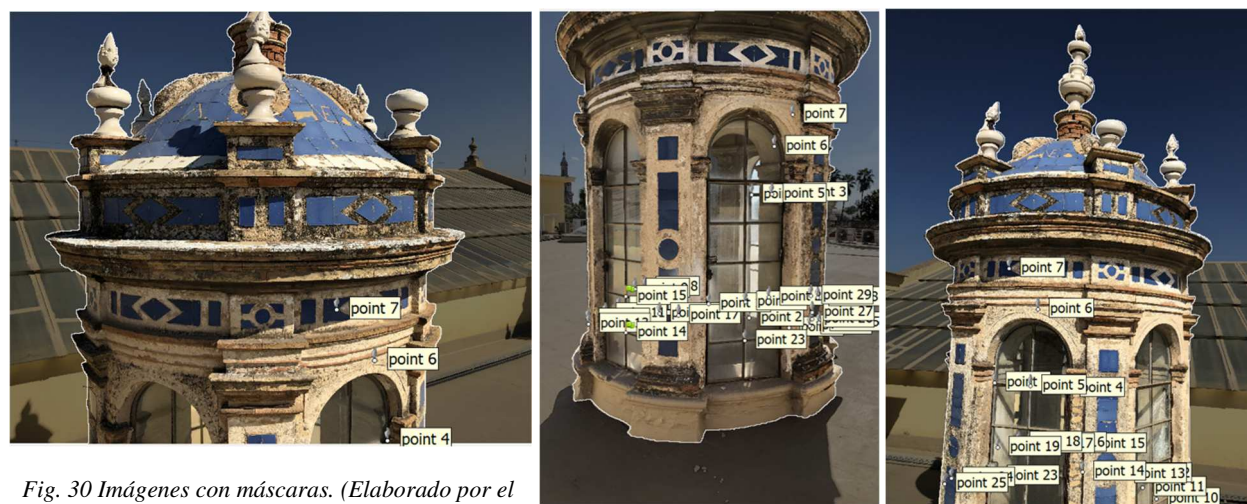


Fig. 30 Imágenes con máscaras. (Elaborado por el autor, octubre 2018).



Una vez realizadas las máscaras podremos comenzar con el procesado de la nube de puntos densa (Fig. 31), para la cual se ha realizado con una calidad “alta” y un filtrado de profundidad “agresivo”, para asegurarnos de que el resultado obtenido tenga la máxima calidad.

El paso siguiente se trata de la creación de la malla, tomando como base la nube de puntos densa creada anteriormente, de donde obtendremos una malla a color, otra sólida y una última realizada mediante triangulación (Fig. 32). Es importante señalar que la maya que aparece en color no está aún texturizada, ese será el próximo procedimiento, una vez se realiza el texturizado podemos comprobar el resultado final en la Fig. 33.

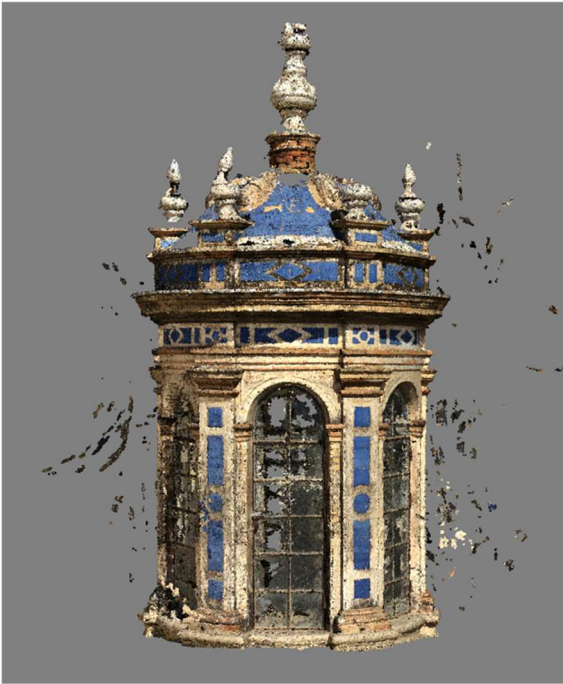


Fig. 31 Imagen de la nube de puntos densa. (Elaborado por el autor, octubre 2018).

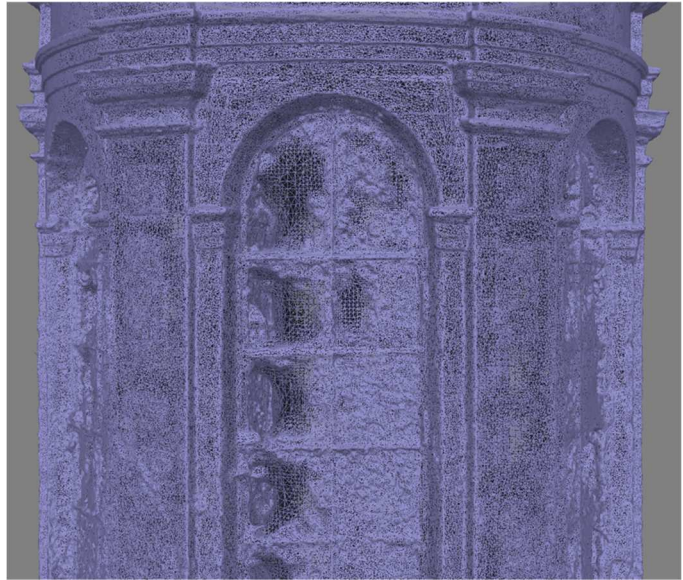


Fig. 32 Imagen de la malla realizada por triangulación de alambre de la linterna L7. Se aprecia la compleja triangulación apreciada en el modelo. (Elaborado por el autor, octubre 2018).

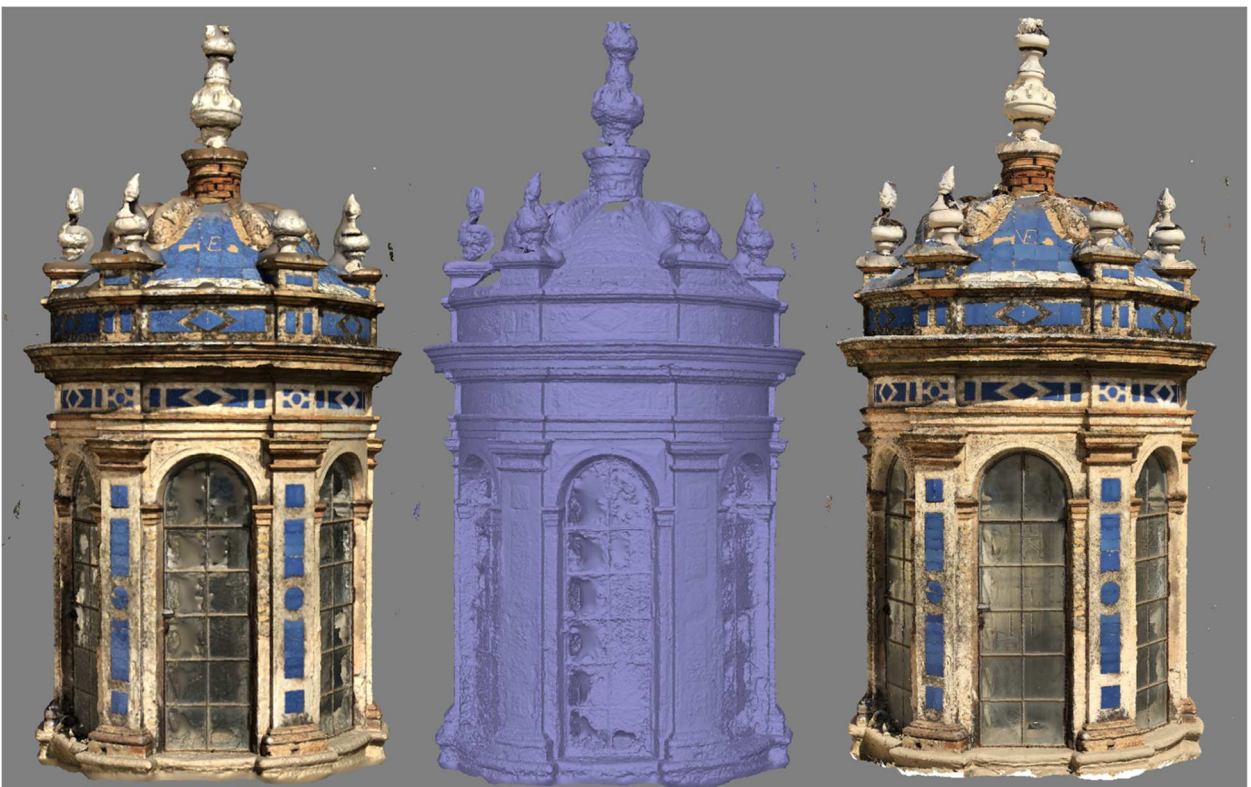


Fig. 32 De izquierda a derecha. Malla a color, malla sólida y texturizado final. (Elaborado por el autor, octubre 2018).

Para finalizar el proceso con el software, teniendo el modelo preparado para exportarlo, realizaremos las ortofotos (Fig. 34). Usaremos para ello el sistema de coordenadas que definimos para el modelo, de esta forma obtendremos la información gráfica de la forma más idónea posible para trabajar a posteriori.



Fig. 34 Ortofotos Linterna L7. (Elaborado por el autor, octubre 2018).

Cerraremos este apartado con una apreciación, el método aporta una gran ventaja con respecto al levantamiento tradicional, se trata de una definición exacta del elemento constructivo. Es decir, en el modelo generado podemos ver los pequeños desplomes y deformaciones que ha sufrido la linterna con el transcurso de los años, cosa que en un levantamiento manual no podemos realizar, ya que suponemos unos volúmenes perfectos, idealizados, líneas paralelas y equidistantes. Es una de las principales razones por las que la fotogrametría es una herramienta idónea para el levantamiento de edificios y elementos arquitectónicos ya existentes, considerados o no como patrimonio histórico. La restauración de cualquier elemento será más fidedigna sabiendo el auténtico estado del bien a tratar. Podremos encontrar el resultado gráfico final, escalado, en los anexos finales.



## Capítulo 4. Levantamiento por Metodología BIM

*Podemos saber poco del futuro, pero lo suficiente para darnos cuenta de que hay mucho que hacer.*

- Alan Turing -

Antes de empezar habría que realizar un pequeño inciso definiendo los términos con mayor importancia para abordar el siguiente capítulo. En la tesis de D. Juan Enrique Nieto Julián<sup>34</sup> podemos encontrar las siguientes definiciones:

Escáner 3D: *“Dispositivo que permite, sin contacto, obtener y registrar las coordenadas tridimensionales de un número suficientemente elevado de puntos que permitan definir con la precisión adecuada la superficie de un objeto.”*

Familia (en Revit): *“Conjunto de objetos de una misma categoría definidos por los mismos parámetros: Puertas, Ventanas, Claraboyas, Objetos de mobiliario, Texturas, etc.”*

Modelo: *“Descripción de una realidad o concepto que se elabora a fin de facilitar su estudio o desarrollo. Un Modelo se compone de una o más representaciones de aquellos aspectos que se quieren estudiar.”*

Modelo sólido: *“Representación tridimensional digital formada de un objeto a base de vértices, aristas, caras o superficies que crean un espacio cerrado.”*

Nube de puntos: *“Conjunto de puntos cuyas coordenadas espaciales XYZ son conocidas, habitualmente obtenidas mediante procesos de toma de datos masivos (sin distinción de qué puntos se toman, sino qué zonas).”*

### 4.1. Escaneado de la cubierta por tecnología laser

El uso del escáner laser en trabajos de conservación y restauración del patrimonio resulta de gran ayuda, esto es debido a la capacidad de esta tecnología para realizar el estudio geométrico y el análisis volumétrico del elemento arquitectónico que se levante mediante el escaneado. Obtendremos una visualización tridimensional digitalizada, donde se podrán apreciar los diferentes desplomes en los muros de las linternas, la falta de simetría con los ejes que conforman el elemento, deterioros en las caras de los sillares, etc. La nube de puntos que se obtiene del escaneado de la cubierta podrá ser exportada como una referencia exacta del elemento, a la cual podremos realizar cortes y secciones para poder elaborar un modelo sólido que se ajuste, de la forma más aproximada posible, a la geometría del elemento ejecutado.

Poder contar con el escáner laser era una oportunidad que no podía desperdiciar, fue un privilegio contar además con un grupo de profesores con experiencia en el uso del equipo. Así pues, acompañado de D. Juan Enrique Nieto Julián, D. Fernando Rico Delgado y D. David Marín García, se realizó el levantamiento de la zona norte de la cubierta de la Antigua Real Fábrica de Tabaco, ubicación comprendida por la crujía de fachada principal y el patio del reloj.

El equipo utilizado es propiedad de los departamentos de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación y el departamento de Ingeniería Gráfica de la Escuela Superior Técnica de Ingeniería de Edificación (ETSIE), de la Universidad de Sevilla. Se trata de un equipo de la casa comercial *Leica*, en concreto un *escáner láser ScanStation C10*.

---

<sup>34</sup> Nieto Julián, J. E., Marín García, D., Rico Delgado, F., & Moyano Campos, J. J. (2014). *Generación de modelos de información para la gestión de una intervención en el patrimonio arquitectónico*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Sevilla.

El levantamiento de la cubierta mediante la nube de puntos debía realizarse mediante un número mínimo de estacionamientos (Fig. 35) del escáner laser que permitiera captar la volumetría de las linternas por completo, un objetivo complejo debido al gran número de elementos existentes en la cubierta. Analizando las posibles localizaciones del equipo se determinaron sus ubicaciones de tal forma que permitiera captar las cuatro linternas existentes en la zona de estudio. Se efectuaron un número de cinco estacionamientos, marcados en la Fig. 36, como elementos de apoyo se colocaron junto a las linternas tres dianas, unos marcadores de referencia auxiliar para mejorar el procesado de los puntos. La manipulación de la información del equipo, con el software específico, para la obtención de un cuerpo sólido con superficie, la nube de puntos ha sido realizada por D. Juan Enrique Nieto Julián.



Fig. 35 Fotografías de estacionamientos E1 y E2. (Elaborado por el autor, noviembre 2018).

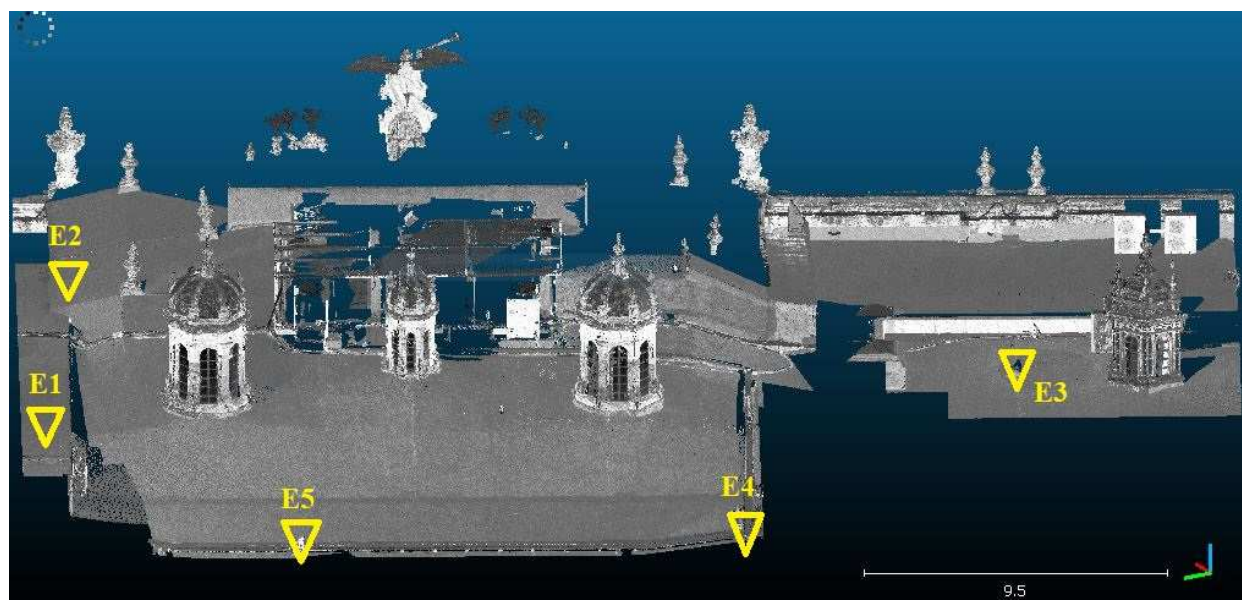


Fig. 36 Estacionamientos reflejados. (Elaborado por el autor, noviembre 2018).

La imagen anterior ha sido tomada posteriormente tras la manipulación de la nube de puntos con el software *CloudCompare*, editada para dejar reflejados los estacionamientos con el escáner laser. En esta imagen se encuentran las linternas designadas como L1, L2, L3 y L4. A continuación, se mostrarán otras imágenes (Fig. 37 y 38) extraídas con el mismo programa, para comprobar visualmente el gran resultado del método y la potencia gráfica que aporta el uso de esta tecnología.



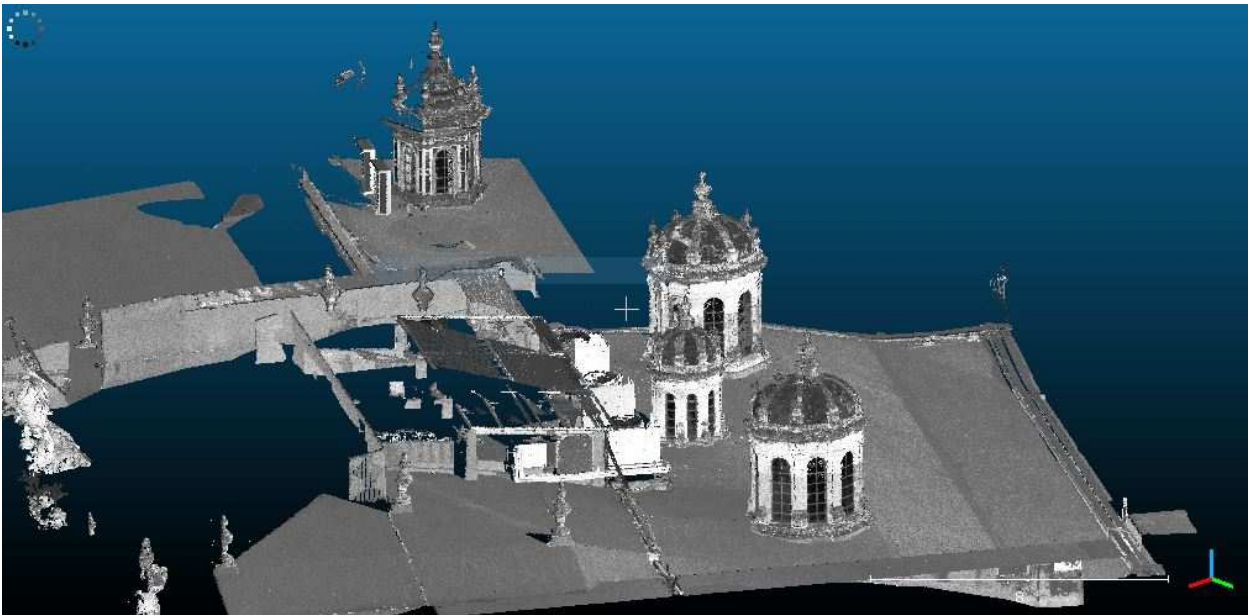


Fig. 37 Imagen de la nube de puntos de la cubierta mediante CloudCompare. (Elaborado por el autor, noviembre 2018).

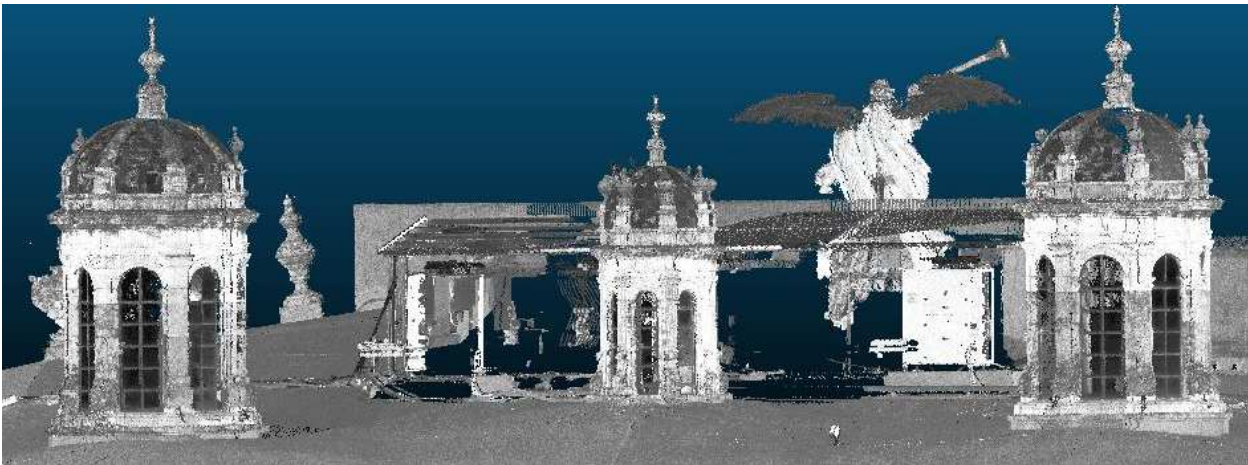


Fig. 38 Imagen de la nube de puntos de las linternas mediante CloudCompare. (Elaborado por el autor, noviembre 2018).

Una vez realizado el escaneo laser con el equipo, realizado en cada punto de estacionamiento, se ha procedido a la captura de fotografías con una cámara con un barrido de 360°, sin variar la posición del trípode para lograr enlazar la nube de puntos (en blanco y negro) con las imágenes captadas (a color), y así obtener la gama de colores de los puntos que componen la nube.

#### 4.2. Manipulación de nube de puntos con Autodesk ReCap Pro

El software utilizado se trata de ReCap Pro®, una aplicación de Autodesk. Este programa nos ha permitido la conversión de los datos, procedentes de la nube de puntos y las fotografías tomadas con la cámara, para adaptar la nube de puntos a su interfaz, y de esta forma poder observarla y modificarla. Además, después de realizar los trabajos necesarios con la nube de puntos podremos exportar el resultado a Revit®, para comenzar con el modelado de la linterna.

La anteriormente citada conversión de datos recibe el nombre de “indexación”, por el cual se produce la importación de los archivos con procedencia del escáner laser. Al comienzo de este proceso podremos elegir el número de puntos a importar con los que deseamos trabajar en ReCap Pro®, pudiendo modificar también diversos parámetros para mejorar la calidad final de la nube de puntos (Fig. 39 y 40).

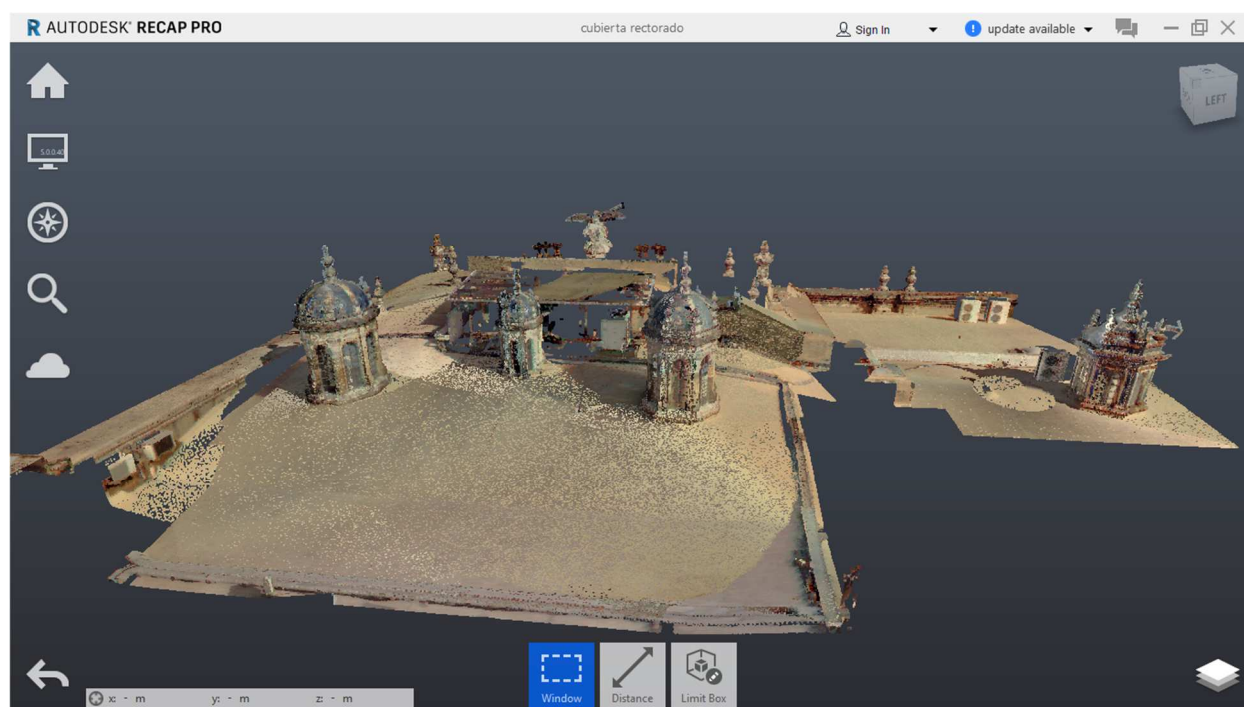


Fig. 39 Imagen de la nube de puntos de la cubierta de la Antigua Fábrica de Tabaco. (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

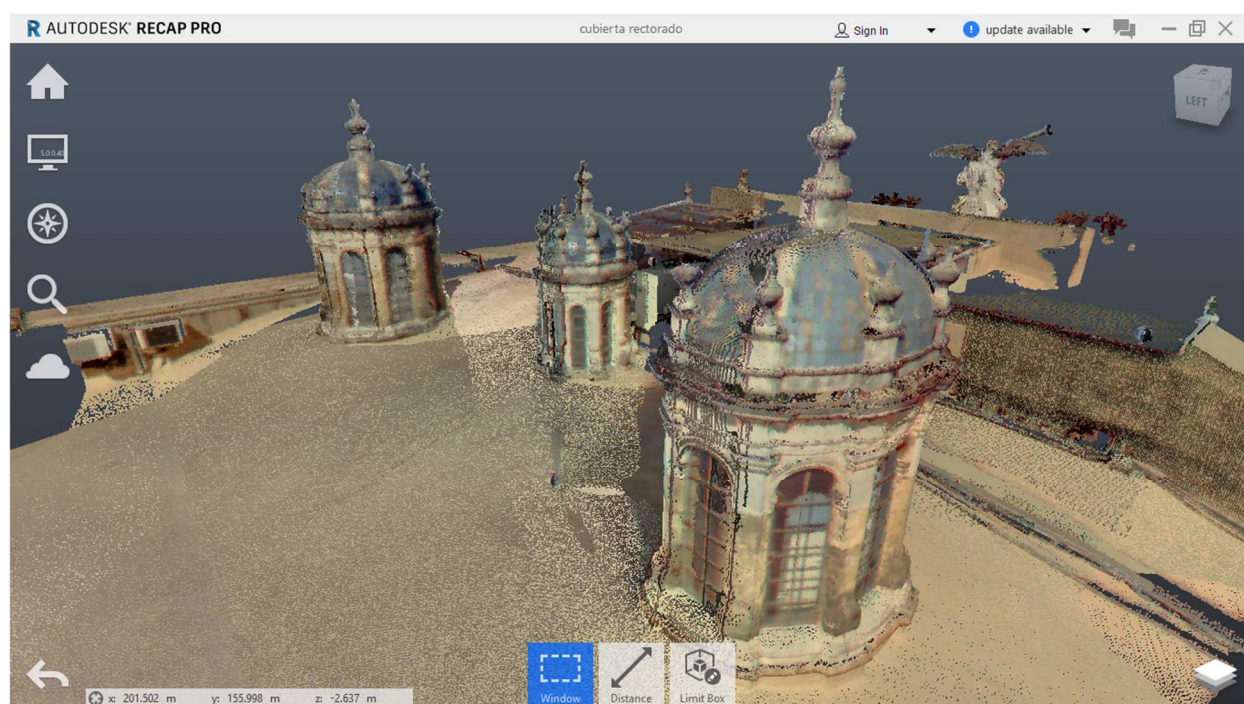


Fig. 40 Imagen de la nube de puntos de las linternas L1, L2 y L3. (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

Una vez se haya importado la nube de puntos podremos editar el archivo, para realizar una limpieza de los elementos sobrantes, ya sea ocultándolos o eliminándolos. Hay que añadir que el programa cuenta con herramientas para modificar la visualización del entorno, haciendo uso de variados modos de iluminación y colorido.

Tras una valoración, posterior al levantamiento mediante el escáner laser, se estipuló que la Linterna L1 sería la elegida para realizar el modelado mediante la metodología BIM, de esta forma también se tendría el modelado de la Linterna L3, al tratarse de linternas gemelas. En este trabajo se han suprimido todos los puntos sobrantes, para lograr visualizar únicamente los puntos que conforman la volumetría de la linterna elegida (Fig. 41).



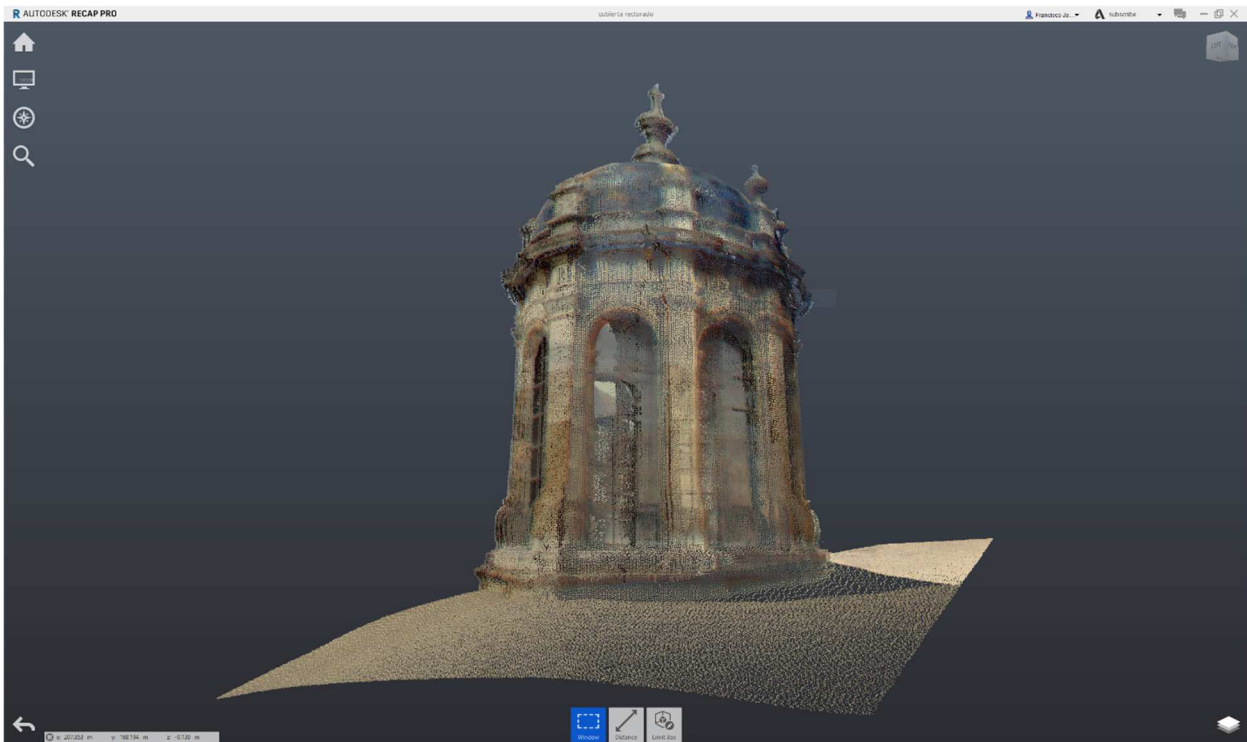


Fig. 41 Nube de puntos, tras manipulación, de la linterna L1. (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

### 4.3. Modelaje de la linterna con Autodesk Revit

El objetivo principal de este apartado radica en la generación de un modelo ideal del elemento arquitectónico en cuestión, concretamente de la *Linterna L1* como ya se comentó con anterioridad. Para ello, y con el asesoramiento de mis tutores, se planteó una estrategia de modelaje con *Revit*®. Dicha estrategia consistiría la creación, por separado, de las diferentes familias necesarias para componer el elemento.

Primeramente, veremos la generación de los pilares, seguidas por los elementos de unión entre estas, después se modelará la cúpula, para concluir con la creación de las carpinterías y elementos ornamentales. Sobra decir que se trata de un elemento singular complejo, dentro de este apartado se comentarán los problemas y soluciones que se han planteado a la hora de construir el modelo virtual con el uso del software *Autodesk Revit*®.

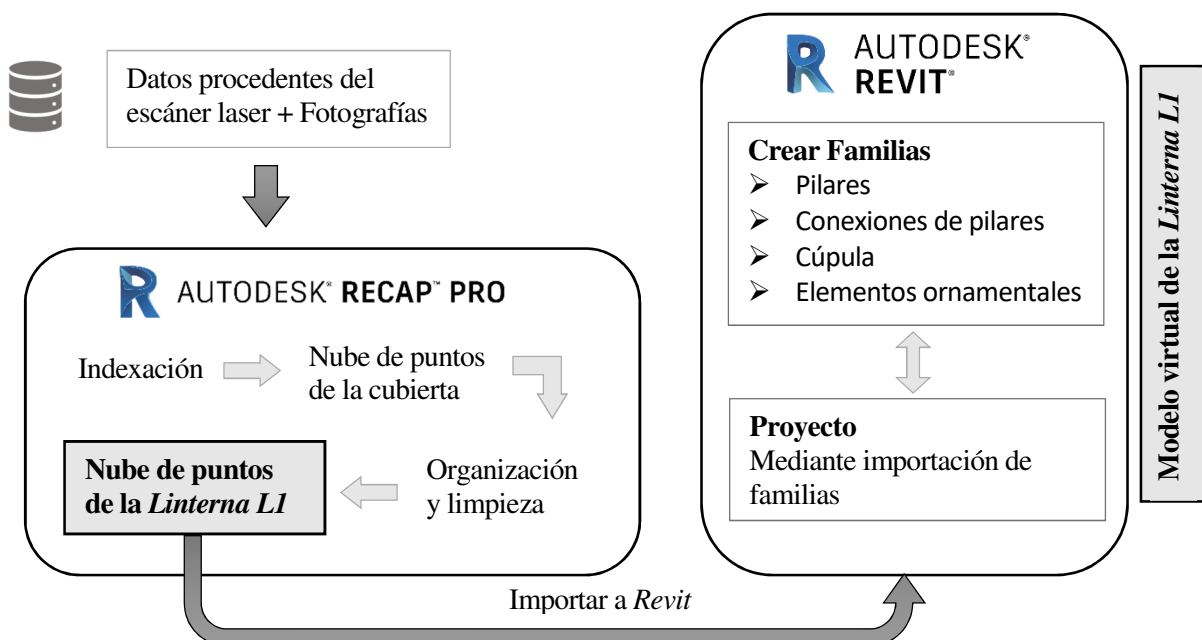


Fig. 42 Flujo de trabajo realizado para modelaje BIM. (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

### 4.3.1. Inicio del Proyecto

Antes de comenzar a modelar las familias se ha creado un proyecto con una plantilla arquitectónica, dentro de este nuevo proyecto se han establecido las “unidades de proyecto”. A continuación, se ha importado al proyecto la nube de puntos obtenida anteriormente con ReCap Pro®. La nube se comporta como un objeto sólido tridimensional, semejado a una superficie constituida por puntos, dentro de la interfaz se podrá mover con libertad, además podremos activar o desactivar la visibilidad de la nube. Se importa, por tanto, un modelo de referencia al que no se le pueden aplicar cambios a sus parámetros gráficos, ya sean líneas, superficies, o cualquier otro elemento que conformen su volumen espacial. Así pues, la información gráfica que nos ha proporcionado la nube de puntos se ha usado para la obtención de su planimetría en planta, alzado y perfiles (Fig. 43).

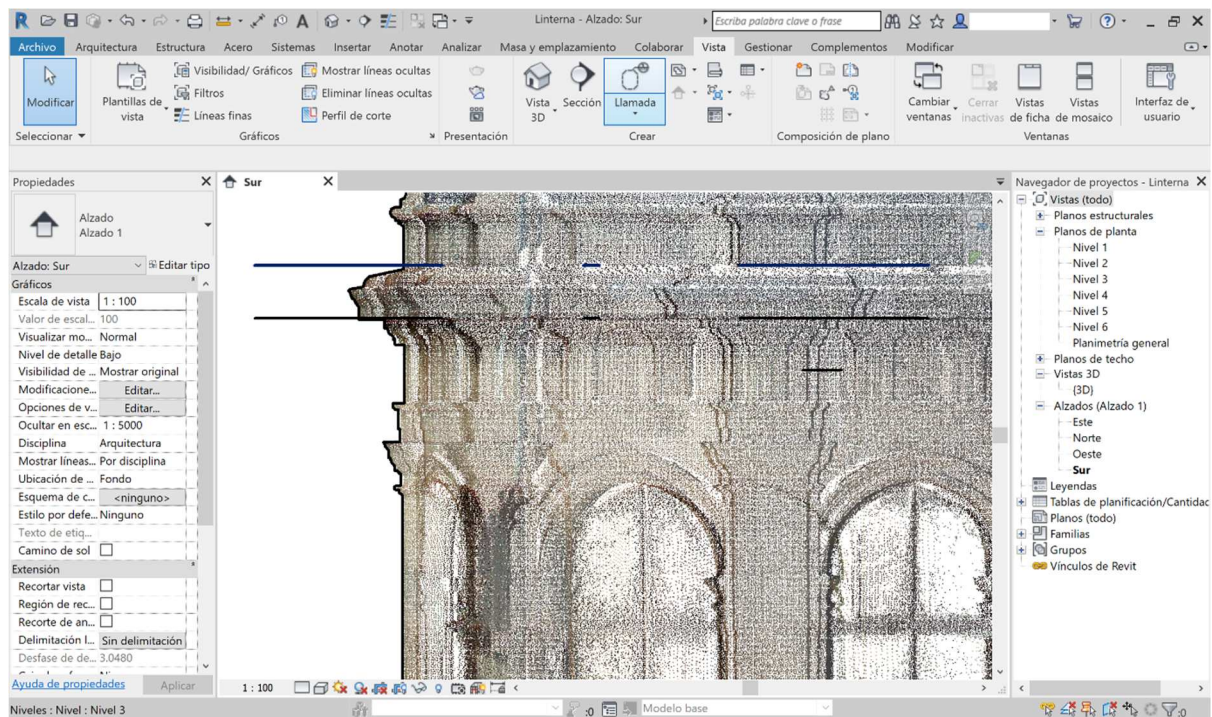


Fig. 43 Creación de planimetría en 2D con líneas de referencia sobre la nube de puntos de la Linterna L1. (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

Previo a la creación de la planimetría en 2D se han creado diversos niveles (Fig. 44) para generar cortes a alturas precisas del elemento e ir comprobando la correcta localización de los diversos componentes de la linterna, debido a la falta de uniformidad en su geometría.

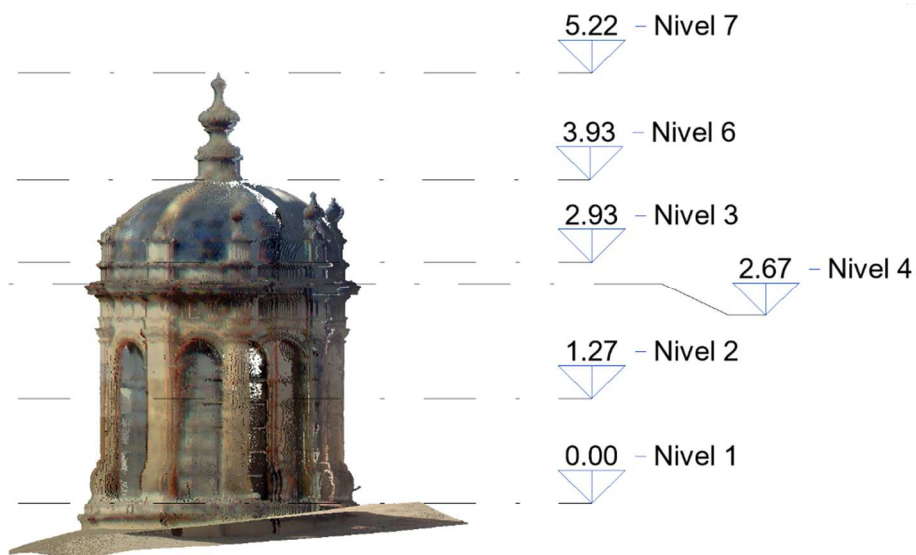


Fig. 44 Niveles de referencia sobre la nube de puntos de la Linterna L1. (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

De esta forma, la nube de puntos como guía para generar la envolvente en 2D, ha servido de base para la creación de las diferentes familias, lo veremos en los próximos apartados. Como podemos apreciar, en la Fig. 45, el principal problema que planteaba el elemento arquitectónico resultaba de su geometría irregular, ya que al comprobar su planta elíptica se distingue una asimetría en los pilares que conforman la linterna. Al no compartir los ejes de referencia se tomó la decisión de generar el contorno exterior de la elipse mediante líneas de referencia, de forma que se aproximase lo máximo posible a las deformaciones existentes en la *Linterna L1*. Con esto se pretende llegar a conseguir un modelo ideal con más semejanza.

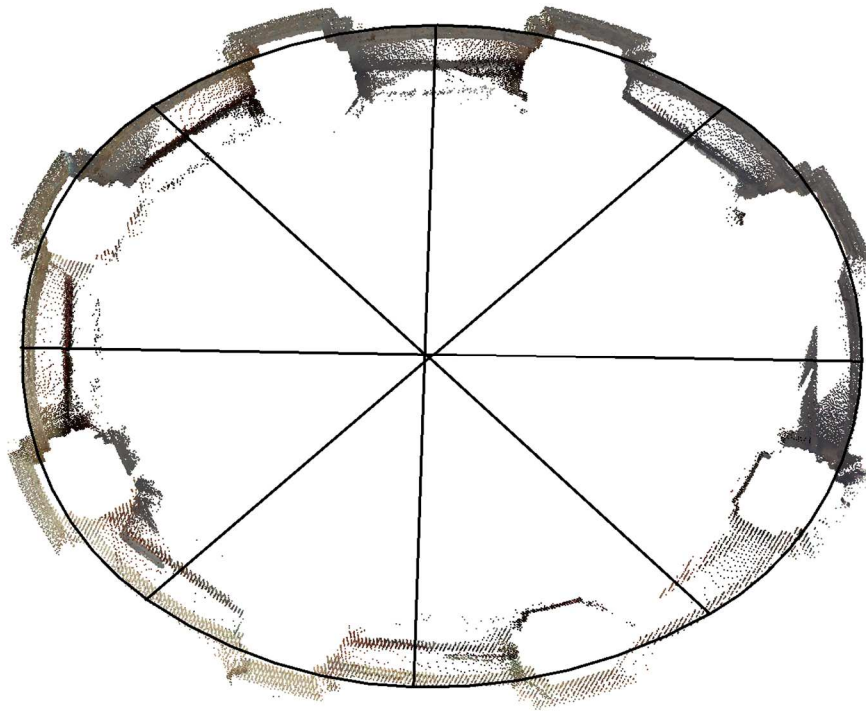


Fig. 45 Corte a nivel 2, planta de la Linterna L1. (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

#### 4.3.2. Modelaje de los Pilares

Vamos a comenzar este apartado creando un *archivo de familia* como un modelo *genérico métrico*. No nos basaremos por tanto para la construcción de los pilares en ninguna familia de apoyo dentro de *Revit®*. Iniciamos el proceso copiando la planta y el alzado generado en el apartado anterior, definiendo para ello las mismas unidades utilizadas en el proyecto.

En la Fig. 46 vemos, en un tono azul, las líneas que configuran el contorno exterior de la linterna. Con una tonalidad negra son visibles las líneas que conforman la sección de los pilares. Para empezar a generar la volumetría de la linterna vamos a recurrir al comando *barrido*, procederemos con este comando debido en gran parte por la curvatura a salvar. Ya que, según su definición, “un barrido consiste en una herramienta para crear familias que requiere que el usuario dibuje un boceto o aplique un perfil (forma) y lo extruya a lo largo de un camino.”<sup>35</sup>

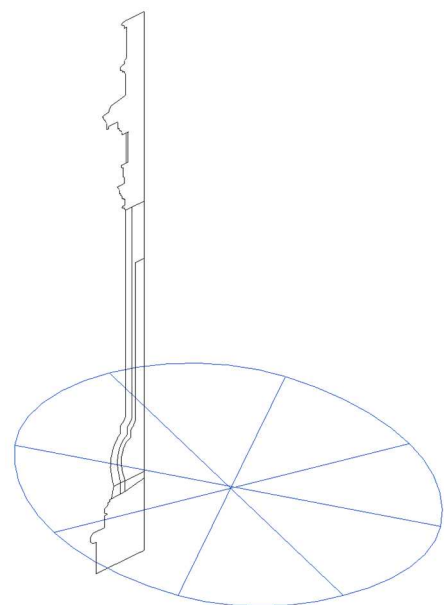


Fig. 46 Base y sección de la Linterna L1. (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

<sup>35</sup> <http://help.autodesk.com/view/RVTLT/2014/ESP/?guid=GUID-E1A36DCB-C629-44BE-9400-2D02D13CF7F4>



La ventaja de aplicar revoluciones a los perfiles que van a generar los cuerpos sólidos es sin duda la posibilidad de elección del camino por el cual van a crearse. Veremos que primero tendremos que definir ese camino, como aparece marcado en tono rosado en la Fig. 47. Además, habrá que definir el inicio de la revolución, para ello nos mostrará un pequeño plano de contorno verde y un punto rojo central. Para terminar, únicamente tendremos que definir el perfil, el cual aparece en la imagen de la derecha también con un tono rosado, asegurando que el contorno quede cerrado por completo.

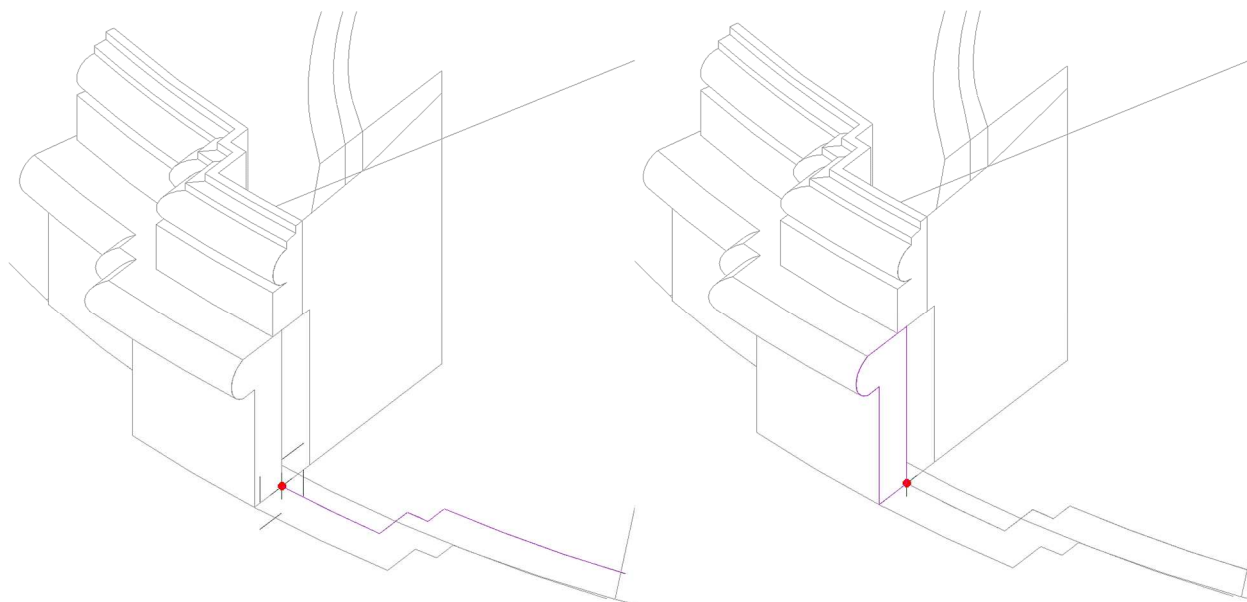


Fig. 47 Proceso de creación del modelo mediante "barrido". (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

Se irá modelando el pilar de esta forma hasta acabarlo. Durante el proceso nos hemos encontrado con un elemento ornamental, perteneciente al pilar. Dicho elemento contiene un par de huecos en su composición, para dar solución se ha resuelto utilizando una *forma vacía* a través de una extrusión, un cuerpo que corta el sólido y genera un hueco (Fig. 48). Para acabar este apartado podemos ver el resultado final del modelo del pilar en la Fig. 49.

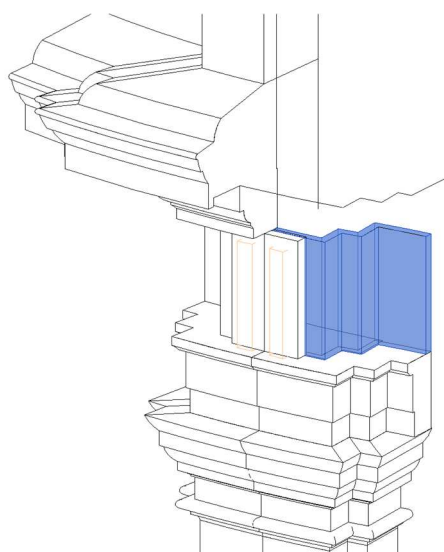


Fig. 48 Forma vacía en color anaranjado. (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

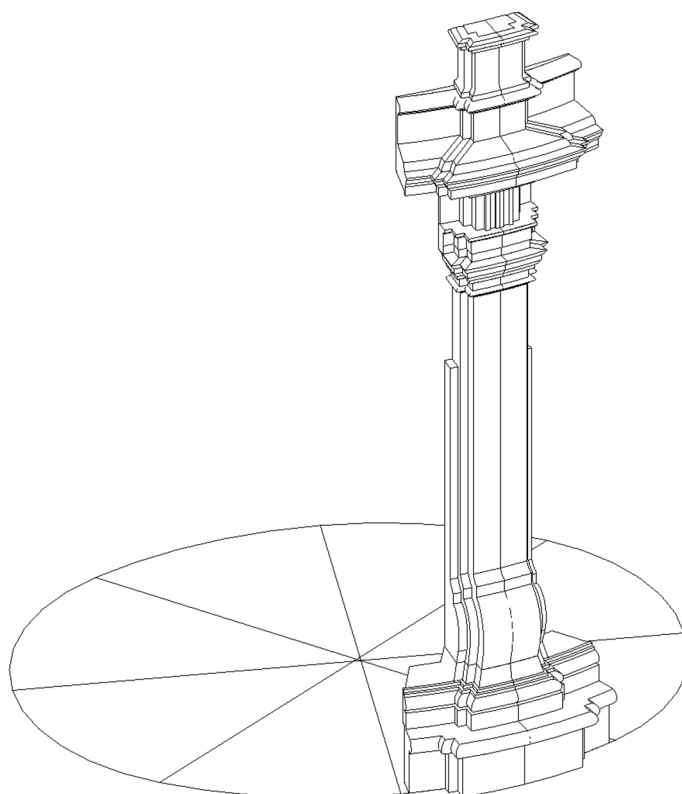


Fig. 49 Modelo de pilar. (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

Una vez modelado el primer pilar, el cual guarda cierta semejanza con otros tres pilares, podremos definir y ubicar sobre la planta de la linterna cuatro de sus ocho pilares. Aprovechando la ventaja que nos brinda esa familiaridad que comparten las curvas que configuran el recorrido de estos pilares, visible en la Fig. 50, podremos cargar en el proyecto estos elementos para ir levantando la linterna mediante el uso de las simetrías.

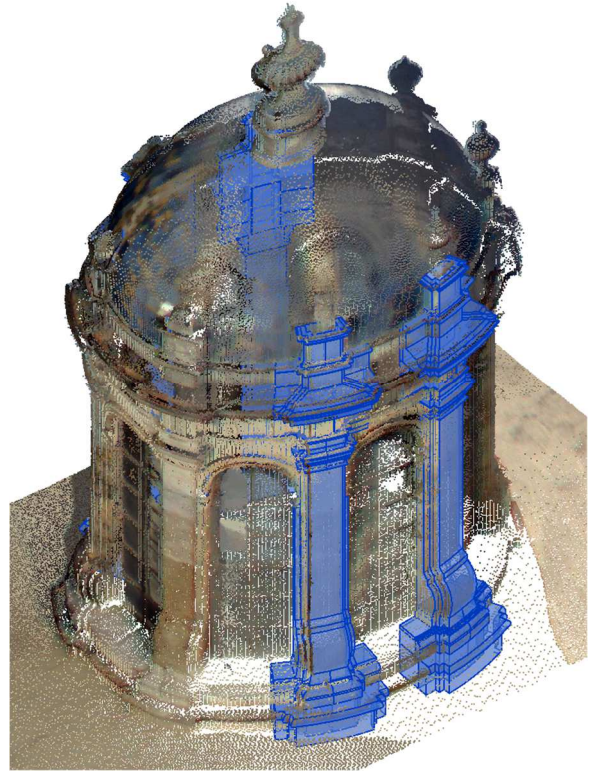
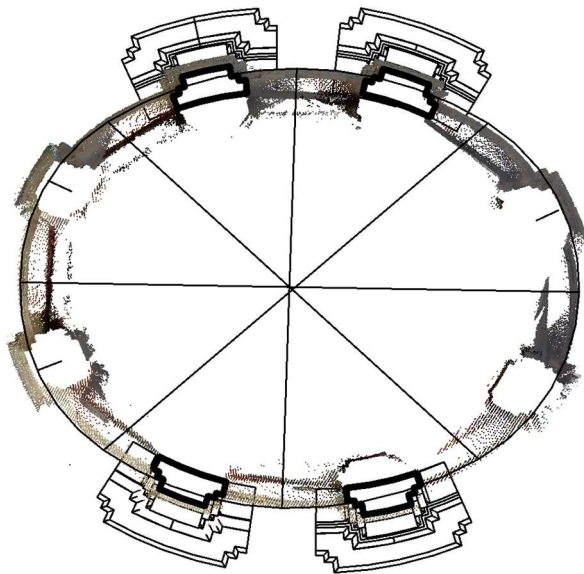


Fig. 50 Vista de pilares colocados en planta y en perspectiva. Los pilares se solapan a la nube de puntos para apreciar el nivel de semejanza con el elemento de origen. (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

Como se distingue en la planta de la linterna, vemos que los otros cuatro pilares que la conforman están contruidos con una curvatura diferente. Por tanto, se ha procedido al modelaje de la otra tipología de linterna, para ser coherentes con el diseño del elemento arquitectónico. Así pues, y como veremos en la Fig. 51, se ha levantado el pilar, repitiendo los mismos pasos realizados con el anterior. Una vez cargado el archivo de la familia en el proyecto se ha efectuado su localización y simetrías correspondientes.

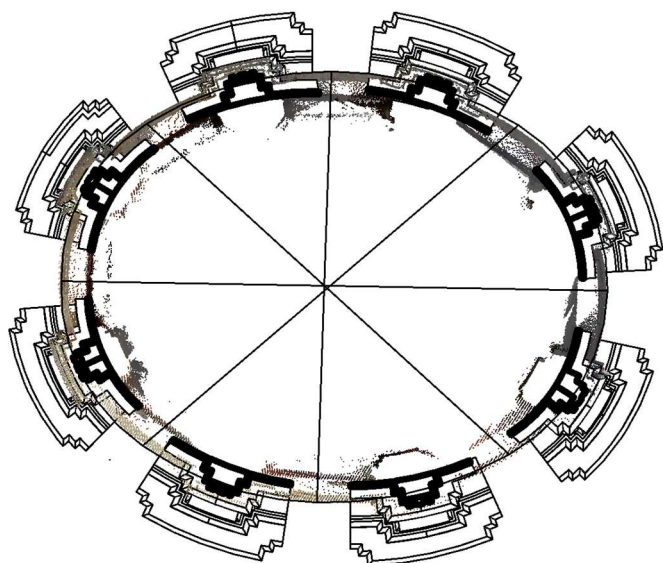
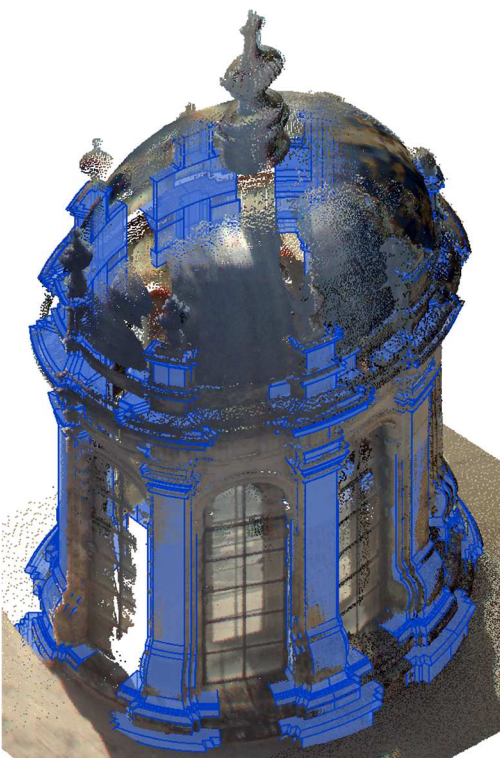


Fig. 51 Vista de los ocho pilares colocados en planta y en perspectiva. Los pilares se solapan a la nube de puntos para apreciar el nivel de semejanza con el elemento de origen. (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

Habiendo conseguido elaborar el cuerpo sólido de la linterna, habría que definir los materiales y acabados para conseguir un modelo de información de utilidad. Así pues, se establecerá como material de estos elementos la piedra caliza, tarea realizada mediante la pestaña “materiales” el menú de *gestionar*. Para conseguir un aspecto similar se ha designado un aspecto superficial existente en el software, la textura perteneciente a la imagen *Stone\_grey\_color.jpg*, puesto que, visualmente es muy parecido al de la caliza existente.

#### 4.3.3. Conexiones entre pilares

Hemos observado que la *Linterna LI* no se trata de un elemento ideal, ya sean por errores de ejecución, como por ejemplo un deficiente replanteo; o tal vez como consecuencia de deformaciones y pequeños asientos. Esto se traduce, con referencia a este trabajo, en una complicada labor para realizar el modelo virtual. Por tanto, como veremos a en la Fig. 52 se plantean deformidades cuando se realizan las conexiones entre los pilares. Consecuencia directa debido a la situación de los pilares en su verdadera posición dentro del elemento.

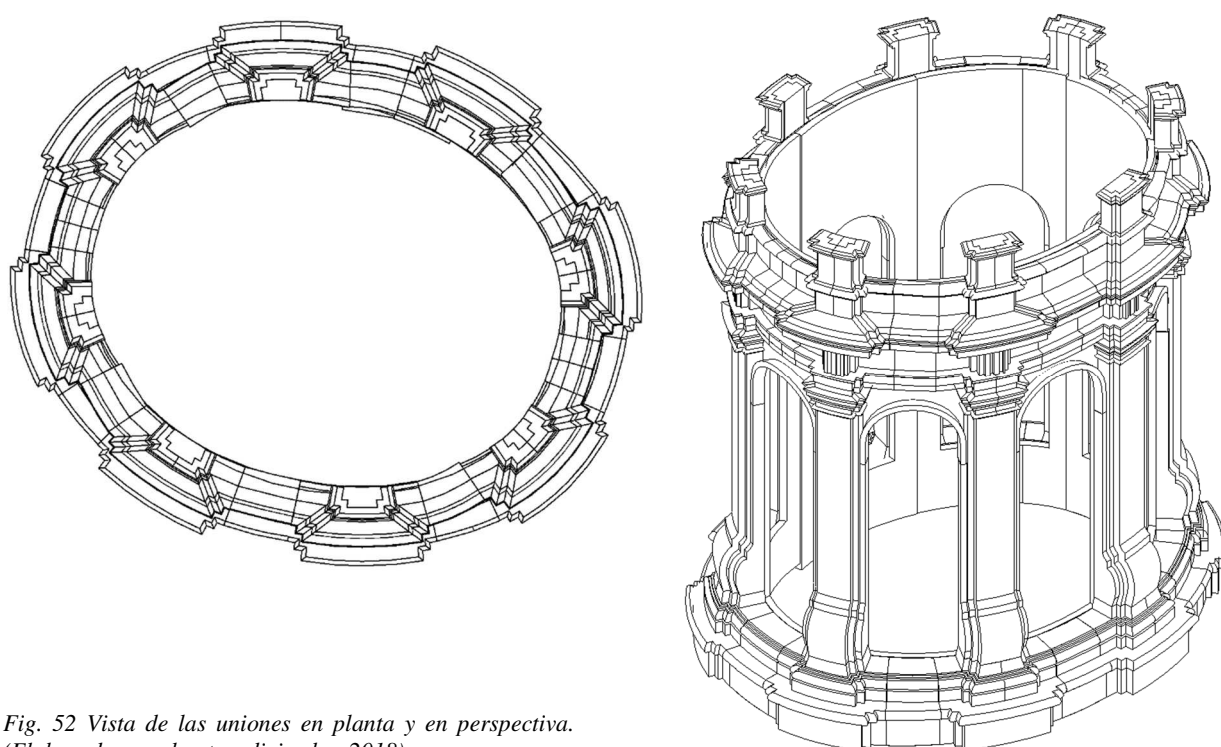


Fig. 52 Vista de las uniones en planta y en perspectiva.  
(Elaborado por el autor, diciembre 2018).

El procedimiento seguido para materializar los enlaces entre los pilares seguirá el mismo patrón que los que se utilizaron para realizar los pilares. Con diferentes *barridos* siguiendo las curvaturas obtenidas en la nube de puntos se han generado los sólidos, salvando en cada caso las deformidades inherentes al elemento original. Los únicos elementos que se han simplificado han sido los arcos de medio punto, existentes en la zona superior de la carpintería. Estos elementos de conexión han compartido los materiales de construcción y acabado que los pilares, realizado en el apartado anterior.

#### 4.3.4. Modelaje de la Cúpula

La cúpula supone una compleja labor de modelaje, esto es debido a la planta elíptica que presenta, hay que hacer mención a las herramientas fundamentales con las que cuenta la interfaz de Autodesk Revit®, son instrumentos básicos de creación y edición, orientado a las construcciones de nueva planta. Aunque también es cierto que, sabiendo utilizar las herramientas implementadas en el software, se pueden crear elementos singulares como es el caso de nuestra linterna.



Hallar la solución ha requerido de práctica, analizando los comandos disponibles e intentando realizar el levantamiento. Conociendo la geometría de su planta y su altura, realizando una hipótesis para el espesor fundada en proporción al espesor real de los pilares, se ha realizado una *revolución*. “Una revolución es una forma que se crea girando una forma alrededor de un eje. Puede girar la forma en un círculo o cualquier fracción de un círculo. Si el eje entra en contacto con la forma de revolución, el resultado es un sólido.”<sup>36</sup>.

Para realizar esta labor se ha considerado el contorno como una elipse perfecta, en este caso como ocurría con los arcos de medio punto, también se ha idealizado la geometría de la cúpula. En la Fig. 53 veremos la definición del eje de revolución, mediante el eje mayor de la elipse (con tonalidad añil); a continuación, se establece el contorno (en tono rosado), y para finalizar el proceso definiremos la amplitud de giro para que revolucione 180°.

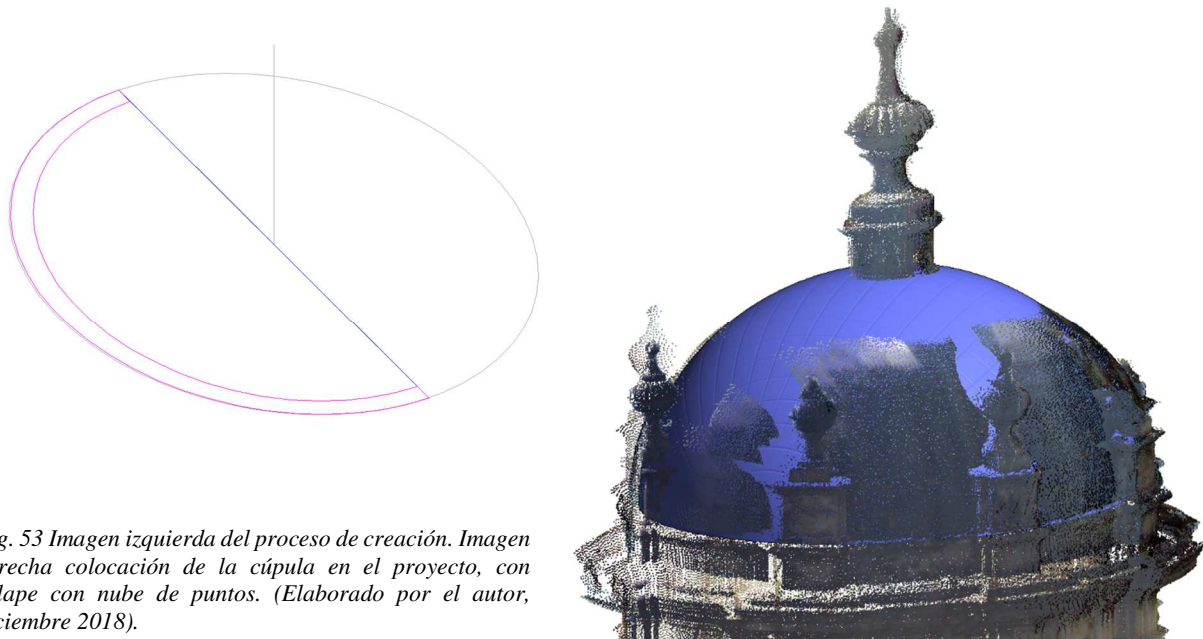


Fig. 53 Imagen izquierda del proceso de creación. Imagen derecha colocación de la cúpula en el proyecto, con solape con nube de puntos. (Elaborado por el autor, diciembre 2018).

Para finalizar el modelado de la cúpula se ha establecido la cerámica como material de construcción y acabado, entendiendo como tal a la fábrica cerámica de conformado y la terminación con azulejos vidriados. Para generar su aspecto se han usado cuadros de seis pulgadas, con un tono parecido al original, adaptado a la superficie de una esfera. Debido a esa adaptación a la geometría de la esfera se han producido deformaciones visuales en la superficie generada mediante la elipse.

#### 4.3.5. Creación de carpinterías

Empezaremos este apartado de igual forma que al inicio de las otras familias, mediante una plantilla de modelo genérico métrico, las carpinterías se han recreado conforme aparecen en el elemento arquitectónico, es decir se modelará la perfilería de acero y después se cubrirán los huecos con vidrio.

Los perfiles de acero se han modelado con las dimensiones del perfil existente, para ello se ha llevado a cabo mediante el comando *barrido*, de forma manual se ha levantado la perfilería por completo. Durante el proceso se ha de tener en cuenta que se tratan de carpinterías abatibles, a excepción de la zona fija semicircular superior. Por este motivo se ha realizado una doble perfilería, tal y como está ejecutada en el elemento, para respetar el diseño.

Seguidamente, para construir los vidrios hemos recurrido a la orden *extrusión*. Mediante este comando, y a través de un perfil que en este caso resultaron del contorno de los huecos entre los perfiles metálicos, se han ido construyendo las hojas de vidrios para culminar la carpintería. Veremos a continuación, en la Fig. 54, como quedan integradas las carpinterías en el modelo de la linterna con texturas.

<sup>36</sup> <http://help.autodesk.com/view/RVT/2014/ESP/?guid=GUID-791BBD4C-ABFA-40D7-9B4F-8C39F50164CE>

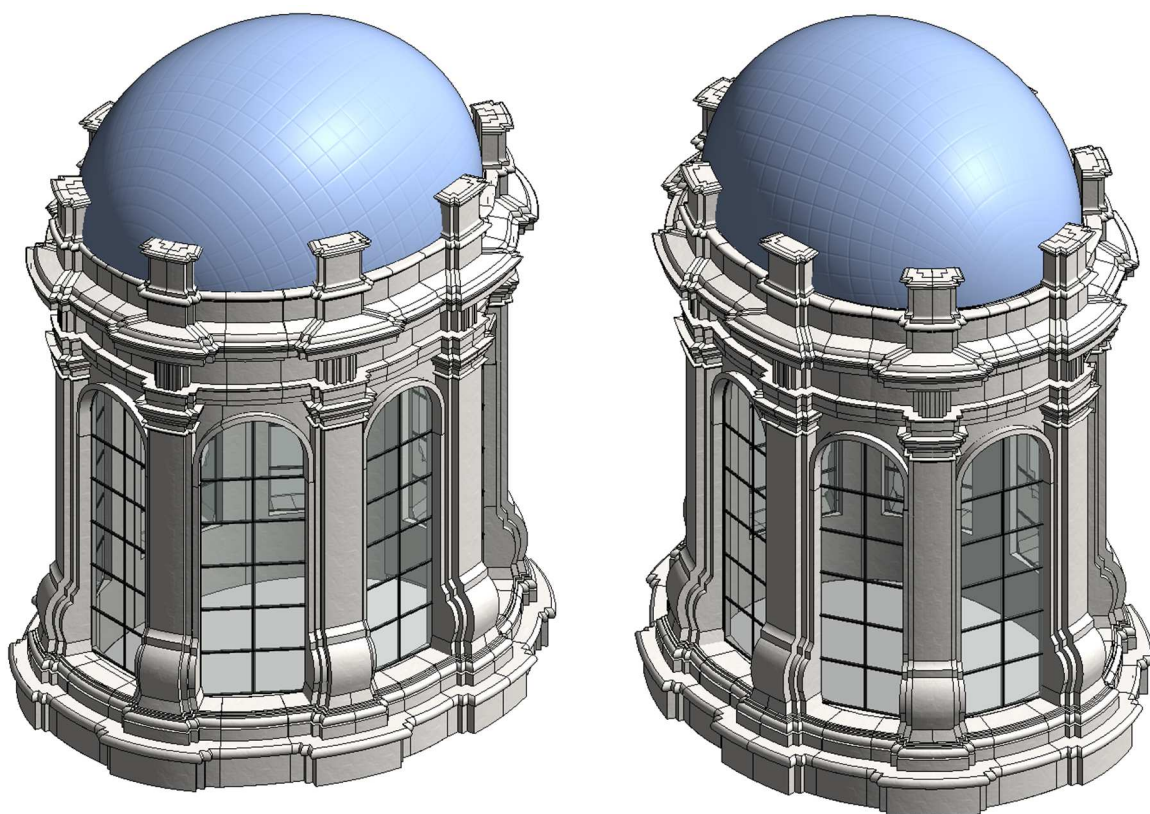


Fig. 54 Imagen del modelo texturizado, con las carpinterías, de la Linterna LI. (Elaborado por el autor, enero 2019).

#### 4.3.6. Modelaje de pequeños elementos ornamentales

Comenzaremos haciendo mención de la singularidad de las pequeñas piezas arquitectónicas inherentes a la linterna que nos encontramos modelando. Se tratan de unos jarrones, realizados también con piedra caliza, que poseen un extraordinario diseño. Por tanto, y siguiendo con el criterio establecido para los anteriores elementos modelados, se recrearán digitalmente de forma fidedigna al elemento original. Para ello vamos a obtener las secciones (Fig. 55) de la nube de puntos localizada en el proyecto, como se han ido realizando a lo largo de todo este proceso, para poder generar los cuerpos sólidos en la nueva familia “piezas de ornamentación”.

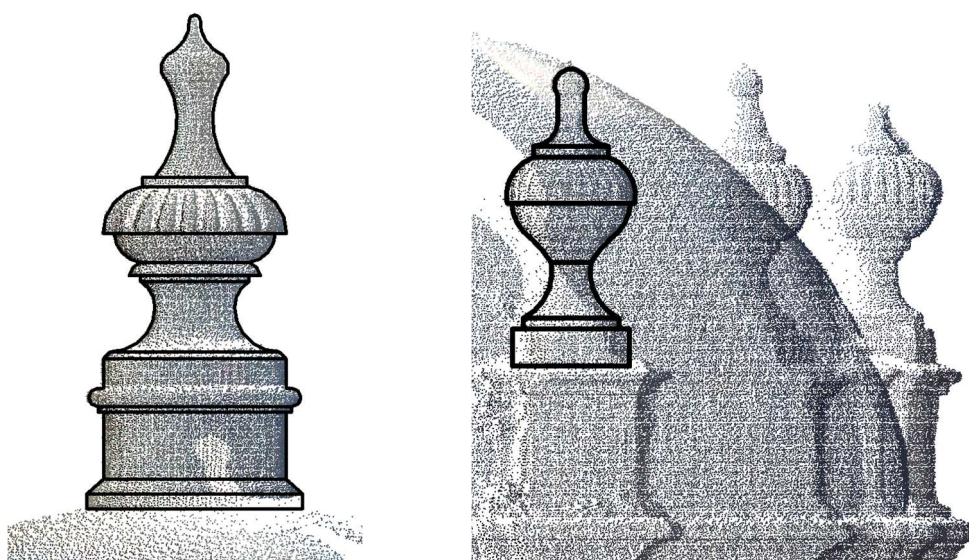


Fig. 55 Representación de los jarrones en 2D. (Elaborado por el autor, enero 2019).



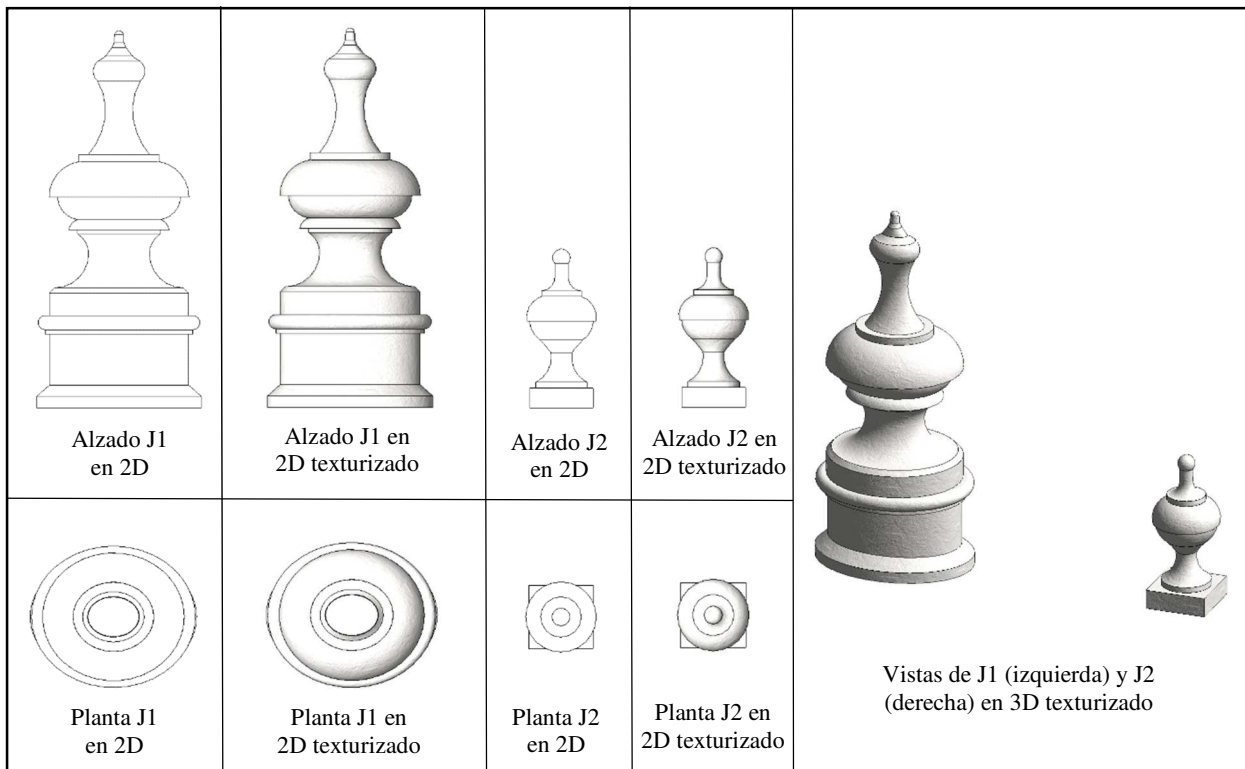


Fig. 56 Representaciones de los jarrones en 2D y 3D. (Elaborado por el autor, enero 2019).

Vemos en la Fig. 56 una tabla con las representaciones generadas al modelar las dos tipologías de jarrones presentes en la Linterna L1, designados como J1 y J2. Nos encontramos ante un jarrón ornamental de planta circular (J2) y otro de planta elíptica (J1). Este último se encuentra culminando el elemento sobre la cúpula; el resto, con un total de ocho jarrones de menor proporción, los localizaremos sobre los pilares. A continuación, en la Fig. 57, veremos el resultado final del modelaje de la *Linterna L1*, con la inclusión de todas las partes que la componen.

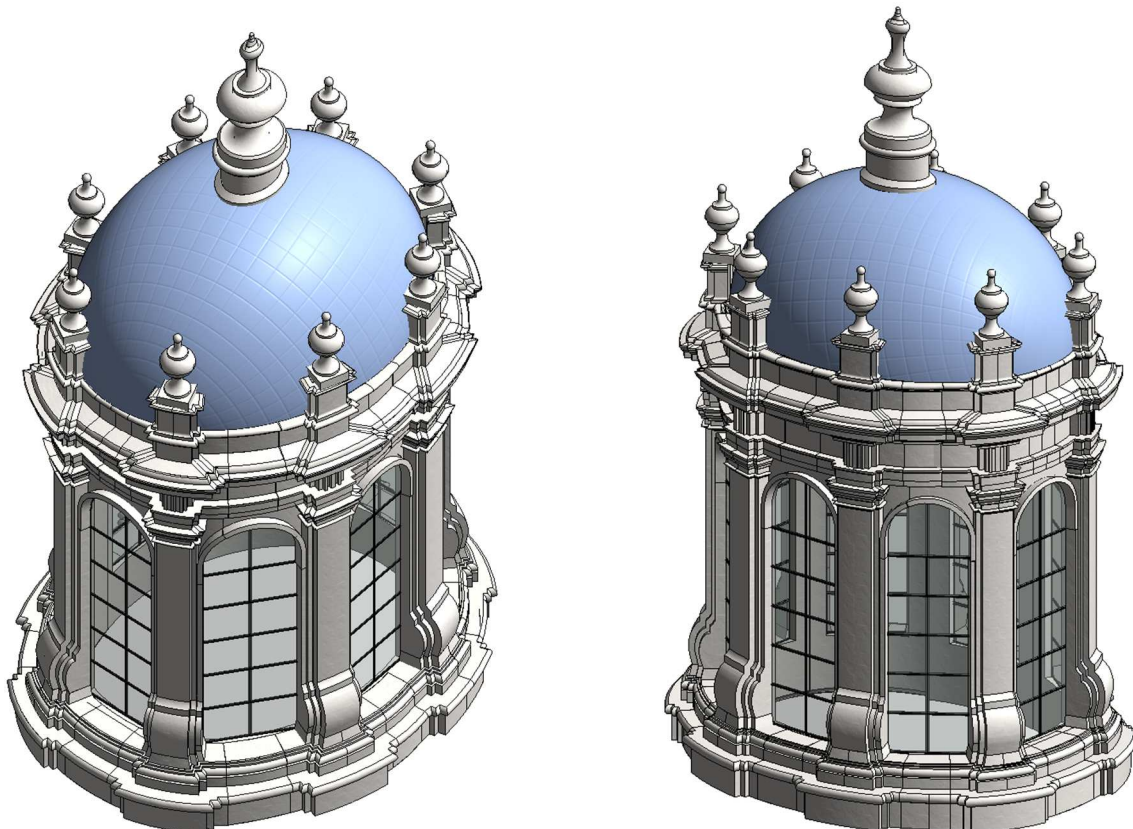


Fig. 57 Representaciones de la Linterna L1. (Elaborado por el autor, enero 2019).

## TERCERA PARTE

### Conclusiones Metodológicas tras la generación de los modelos de la Linterna de la Antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla

---

#### CONCLUSIONES. Modelo Fotogramétrico

*En la crítica seré valiente, severo y absolutamente justo con amigos y enemigos. Nada cambiará este propósito.*

- Edgar Allan Poe -

Mediante la experiencia obtenida en el transcurso del trabajo con los levantamientos tridimensionales se han llegado a una serie de conclusiones.

En primer lugar, en relación con la toma de datos para realizar el levantamiento, hay que señalar que la captura de fotografías a priori suele ser relativamente sencilla. No obstante, la facilidad para obtener estas fotografías suele ser relativa, y esto es debido a su importancia en el resultado final, existe una complejidad en cuanto a este tema se refiere, y es que, tanto la luminosidad incidente en el elemento, la posición de disparo, y en definitiva las especificaciones técnicas del equipo fotográfico empleado, así como la facilidad a la hora de encontrar puntos de control son factores decisivos. En definitiva, el proceso se debe iniciar con la producción de un material fotográfico que resulte válido con respecto a los factores considerados con anterioridad.

En segundo lugar, pese a esta primera consideración, y a tenor de los resultados obtenidos, podemos apreciar que se trata de una metodología con la que podremos obtener un resultado adecuado para algunos de los objetivos planteados, con unos errores razonables. Lograremos concebir un modelo virtual gráfico para salvaguardar estos bienes de interés cultural, debido a la inexistencia documental que versara sobre estos elementos arquitectónicos. En el hipotético caso en el que se perdieran alguno de estos elementos, como ya han ocurrido en los casos de desaparición de las dos linternas originarias de la Real Fábrica, existiría un modelo con el que poder recuperar el bien, o los bienes en cuestión.

Para continuar, podemos argumentar que el uso de esta metodología se trata por tanto de un punto de partida, esto es debido a que el modelo generado con esta tecnología aporta una mera información visual, un resultado estético. Sin embargo, este modelo sí puede ser aprovechado para obtener una importante información sobre patologías existentes, en relación precisamente con el proceso de recuperación y conservación de los elementos.

A raíz de los resultados expuestos en este trabajo, podríamos considerar adecuado la realización de un análisis y determinación de los patrones de color lo más exacto posible, que pueden servir de base a los especialistas en restauración en futuras intervenciones.

Por otra parte, es destacable que al ofrecer un modelo virtual lo más próximo a la realidad esto permite poder ser apreciado el elemento arquitectónico por cualquier persona sin necesidad de acceder a su emplazamiento al ser este muy restringido y de imposible visualización desde otros espacios públicos. Con ello se puede valorar la riqueza arquitectónica de dicho elemento por cualquier visitante del conjunto patrimonial, salvando con ello la enorme dificultad y en la mayoría de los casos la inviabilidad de poder desplazar a dichos visitantes a la zona de localización del elemento.

## CONCLUSIONES. Modelo de Información BIM

*Aprender sin reflexionar es malgastar la energía.*

- Confucio -

Tendríamos que iniciar este capítulo con una observación, y es que, en la actualidad los levantamientos realizados a través de sistemas digitalizados BIM son los más completos, satisfaciendo en este sentido la demanda técnica y científica que requieren las intervenciones en el patrimonio histórico y cultural. Como comentábamos en el capítulo anterior el uso de la fotogrametría supone la creación de mera información visual, con la que no podremos garantizar las exigencias técnicas necesarias para la ejecución de cualquier intervención en estos elementos arquitectónicos.

Así pues, para asegurar un estudio exhaustivo de las características reales de estos elementos arquitectónicos se ha generado este *modelo de información*, consiguiendo con ello, por una parte, recrear una nube de puntos de la geometría real del elemento; y por otra, la generación de un modelo sólido que respete la verdadera volumetría de la linterna.

Para continuar, tendríamos que prestar especial atención a la datación de las características que describen la realidad de los aspectos que definen al elemento arquitectónico modelado a través de este procedimiento, logrando con ello una asignación de parámetros técnicos y constructivos. Se trata por tanto de desarrollar una verdadera herramienta que, complementado con la información gráfica tridimensional generada con el uso de la fotogrametría, aporte parámetros que sean de ayuda para la documentación, gestión y control del patrimonio.

Antes de ahondar en la generación del modelo, haciendo alusión al escaneo y posterior obtención de la nube de puntos, tendríamos que evidenciar la incompatibilidad existente entre los diferentes softwares de procesado, y entre el escáner y las herramientas de modelaje y diseño. Debido a un propósito comercial resulta inevitable la adquisición de estos.

Llegados a este punto, vamos a tratar los aspectos relacionados con el modelado del elemento arquitectónico en el entorno de Autodesk Revit®. Este software cuenta con una sencilla e intuitiva interfaz, orientada a la creación de edificios de nueva planta, con elementos constructivos de volumetría generalizada. Por lo tanto, este hecho supone una evidente desventaja cuando se desean modelar elementos singulares de formas y ornamentaciones artísticas, alejadas de un diseño sencillo. El modelaje de cada uno de los elementos que ha compuesto la linterna ha supuesto un reto de ingenio para paliar esta coyuntura, con el añadido de la búsqueda de realidad volumétrica, respetando en cada caso la precisa localización de todos sus componentes.

A pesar de las dificultades que el método de trabajo pueda plantear, es irrefutable manifestar que mediante él podemos conseguir un modelo de información veraz, que suponga una eficaz herramienta de ayuda para alcanzar los objetivos planteados en este trabajo.

## Futuras Líneas de Investigación

*Aprender sin reflexionar es malgastar la energía.*

- Confucio -

Para finalizar este capítulo, propondremos algunas de las posibles futuras líneas de investigación y/o desarrollo que derivan del resultado obtenido con este método de trabajo:

- Desarrollar la implementación de software existente para la determinación de mallas que se ajusten a la realidad superficial de los elementos arquitectónicos analizados.
- Creación de base de datos con recopilación de elementos singulares parametrizados.
- Determinación de pérdidas de masas en comparativas de modelos virtuales geométricos ideales y los existentes, ante posibles intervenciones.
- Creación de modelos completos para la gestión del patrimonio cultural por parte de la Universidad de Sevilla.
- Continuación de los trabajos de levantamiento mediante el uso de estas metodologías para la obtención de los modelos digitales del resto de las linternas de la cubierta de la Antigua Real Fábrica de Tabacos, y disponer de estos y de la información asociada a cada uno de estos elementos arquitectónicos.
- El estudio y análisis, con base en el levantamiento fotogramétrico, de la pigmentación de los elementos a restaurar y su definición para su aplicación en los elementos sustitutorios. Con objetivo de satisfacer futuras intervenciones de restauración patrimonial.
- Desarrollar aplicaciones para dispositivos que permitan la exposición al público de los modelos resultantes de la forma más realista posible.

## CUARTA PARTE

### Bibliografía y Webgrafía consultada.

---

#### Índice Bibliográfico

1. Sancho Corbacho, Antonio (1984) *Arquitectura Barroca Sevillana del Siglo XVIII*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. ISBN: 9788400056810.....Pag 2.
2. Cuevas Alcober, Luis (1946) *Un ejemplar español de arquitectura industrial del siglo XVIII*. Asociación Nacional de Ingenieros Industriales, Madrid.....Pag 3.
3. Awad Parada, Tamar (2015) *Arquitectura industrial tabacalera en la España peninsular: secaderos y fábricas*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. ....Pag 3.
4. Tejido Jiménez, Francisco Javier (2015) *Las Sedes Universitarias de Sevilla en la Construcción de la Ciudad*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla.....Pag 3.
5. Proyecto de Adaptación de la Fábrica de Tabacos para la Universidad de Sevilla. *Instalación de la Facultad de Filosofía y Letras en el Edificio de la Real Fábrica de Tabacos*. Junio de 1950. Antonio Delgado Roig y Alberto Balbontín de Orta. FIDAS. Expediente 32371, Caja 819. (AGA. Signatura 32-17352-00001).....Pag 3.
6. Huerta Fernández, Santiago (1990) *Diseño Estructural de Arcos, Bóvedas y Cúpulas en España ca.1500 ~ ca.1800*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.....Pag 3.
7. Iglesias, Helena (1992) *Fábrica Real de Tabacos de Sevilla. Dibujos realizados en la Segunda Cátedra de Análisis de Formas Arquitectónicas*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Complutense de Madrid.....Pag 4.
8. Rodríguez Gordillo, José Manuel (2005) *Historia de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla: Sede actual de la Universidad de Sevilla*. Fundación Focus-Abengoa. Sevilla. ISBN 8489895155.....Pag 4.
9. Comellas, José Luis (1984) *Sevilla y el Tabaco. Exposición en el Rectorado de la Universidad de Sevilla (Antigua Fábrica de Tabacos)*. Tabacalera, S.A.....Pag 4.
10. Aroca Martínez, M. (2008). *Análisis patológico, constructivo y aplicación del método estratigráfico murario en la fachada norte de la Iglesia de Santo Domingo de Murcia*. Proyecto de Fin de Carrera. Universidad Politécnica de Cartagena. E. U. de Ingeniería Técnica Civil. Arquitectura Técnica. Pag 21.
11. Decreto 1324/1972, de 20 de abril, por el que se establece la norma M. V. 201-1972, «Muros resistentes de fábrica de ladrillo». Se hace referencia a este Decreto, marco en materia de fábricas de ladrillo en España, debido a la mayor aproximación temporal con las piezas realizadas en el siglo XVIII que la norma actual.....Pag 16.
12. Baxter, R. Hastings, N. Law, A. Glass, E. J. (2013) *Geología urbana de Sevilla*. Universidad Pablo de Olavide.....Pag 25.
13. Instituto de Geología (Spain), P. et al. (1995) *Estudios geológicos*. Instituto de Investigaciones Geológicas ‘Lucas Mallada’ .....Pag 25.
14. Barrera Vera, J. A. (2006) *Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del Patrimonio Arquitectónico y Arqueológico*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.....Pag 28.



15. Santos Maestre, C. (2014) *Aplicación arquitectónica de la fotogrametría digital para levantamiento gráfico y fotogramétrico de fachadas en Palacete Prytz*. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alicante.....Pag 29.
16. Maza Vázquez, Fco - Da Casa Martín – López Viejo Jorge Luis – Lorenzana Fernández, Marta (2011) *Aplicación de la topografía y la fotogrametría a la intervención en el patrimonio*. Madrid: Servicio de Publicaciones, Universidad de Alcalá.....Pag 30.
17. Gómez Rodríguez, M. (2015) *Integración de procesos BIM en levantamiento de edificios existentes: edificio de laboratorios de la E.T.S.I.E., Campus Universitario Reina Mercedes, Sevilla*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Sevilla.....Pag 30.
18. Fuentes Giner, B. (2014) *Impacto de BIM en el proceso constructivo español*. Valencia: Servicios y comunicación LGV. ISBN: 9788494259319.....Pag 30.
19. Nieto Julián, J. E., Marín García, D., Rico Delgado, F., & Moyano Campos, J. J. (2014). *Generación de modelos de información para la gestión de una intervención en el patrimonio arquitectónico*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Sevilla.....Pag 38.

## Webgrafía

1. <http://www.iaph.es/patrimonio-inmueble-andalucia/resumen.do?id=i17323>
2. [http://web.urbanismosevilla.org/planeamientopgou/pdfs/08\\_TR\\_CATALOGOS/08\\_TR\\_1\\_COMPLEMENTARIO\\_CH/08S2602\\_TR\\_CCCH.PDF](http://web.urbanismosevilla.org/planeamientopgou/pdfs/08_TR_CATALOGOS/08_TR_1_COMPLEMENTARIO_CH/08S2602_TR_CCCH.PDF)
3. <https://www1.sedecatastro.gob.es/CYCBienInmueble/OVCConCiud.aspx?UrbRus=U&RefC=5315001TG3451E0001LA&esBice=&RCBice1=&RCBice2=&DenoBice=&from=OVCBusqueda&pest=rc&RCCompleta=5315001TG3451E0001LA&final=&del=41&mun=900>
4. <http://tesauros.mecd.es/tesauros/bienes culturales/1007435 - c-344456970>
5. <http://tesauros.mecd.es/tesauros/bienes culturales/1007436 - c-344456969>
6. <http://tesauros.mecd.es/tesauros/bienes culturales/1001327.html>
7. <http://tesauros.mecd.es/tesauros/ceramica/1010516.html>
8. <http://lema.rae.es/drae2001/srv/search?id=Ra8D5CCeFDXX2esQjBDG>
9. <http://tesauros.mecd.es/tesauros/tecnicas/1012915.html>
10. <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=P7dyaFK>
11. <https://sites.google.com/site/ddpatrimonioarqaragones/home/levantamiento-arquitectonico-definicion-y-uso-de-la-fotogrametria>
12. <https://www.agisoft.es/products/agisoft-photoscan/>
13. <https://3dscanexpert.com/agisoft-photoscan-photogrammetry-3d-scanning-review/>
14. <http://help.autodesk.com/view/RVTLT/2014/ESP/?guid=GUID-E1A36DCB-C629-44BE-9400-2D02D13CF7F4>
15. <http://help.autodesk.com/view/RVT/2014/ESP/?guid=GUID-791BBD4C-ABFA-40D7-9B4F-8C39F50164CE>

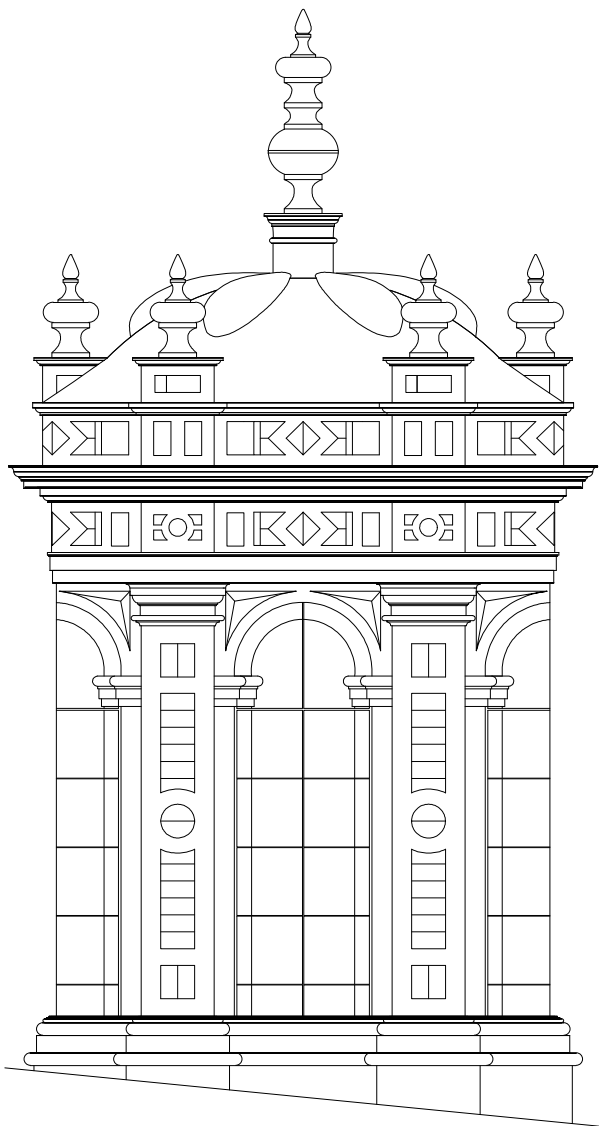
## ANEXOS

---

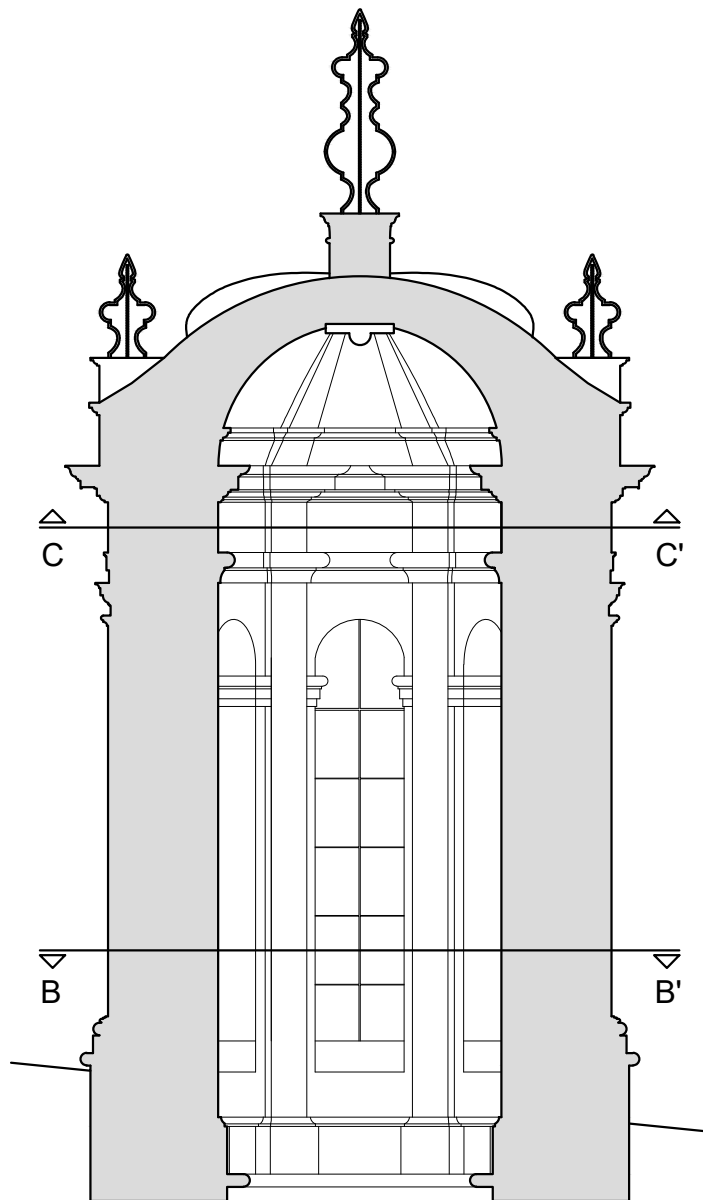
A continuación, se adjuntarán una serie de planos realizados para dar por concluido este trabajo de fin de grado. Así pues, veremos primeramente la planimetría resultante del levantamiento tradicional, realizado mediante croquis previos y concluidos mediante CAD.

Dando continuidad con estos anexos nos encontraremos con la planimetría extraída de las ortofotos obtenidas mediante el uso de la fotogrametría, las cuales han sido tratadas en CAD para realizar la maquetación planimétrica.

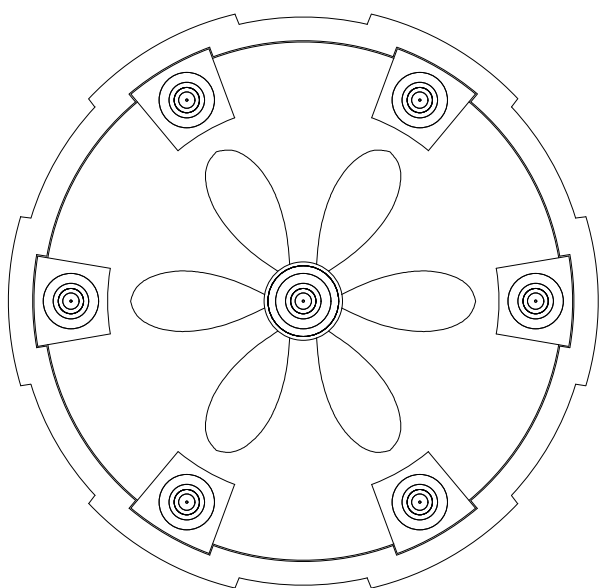
Finalmente, veremos reflejado en 2D el resultado gráfico renderizado del modelo de información creado con Revit. En los anexos contaremos con sus alzados generales y planta, así como de vistas espaciales.



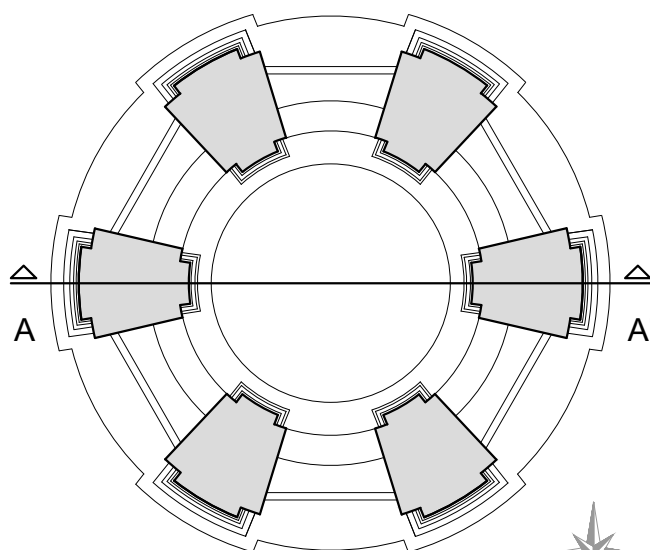
Alzado



Sección A - A'



Planta



Sección B - B'



Modelado de información y digitalización de las linternas de la Antigua Fábrica de Tabacos de Sevilla

Autor: Francisco Javier Ornia Nuñez  
Plano: Planimetría por método tradicional de la linterna L7

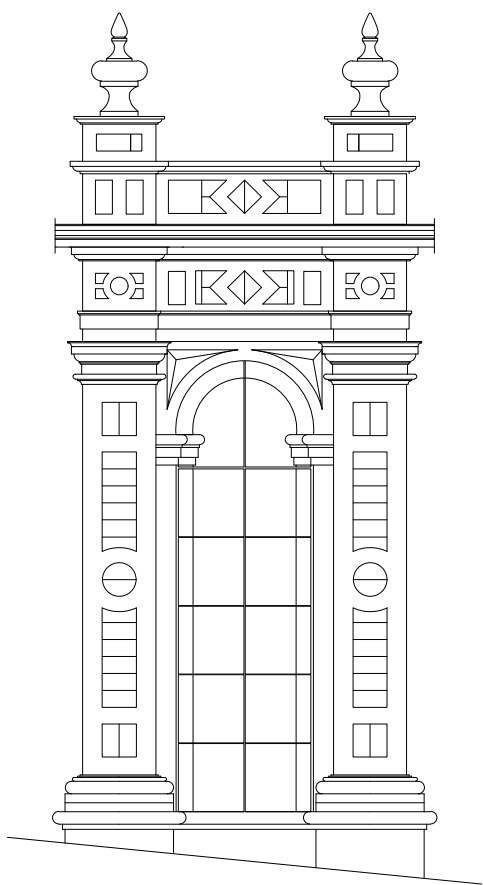
Escala: 1/30  
Fecha: 25/01/2019

Escala gráfica:  
0 0,5 1 m.

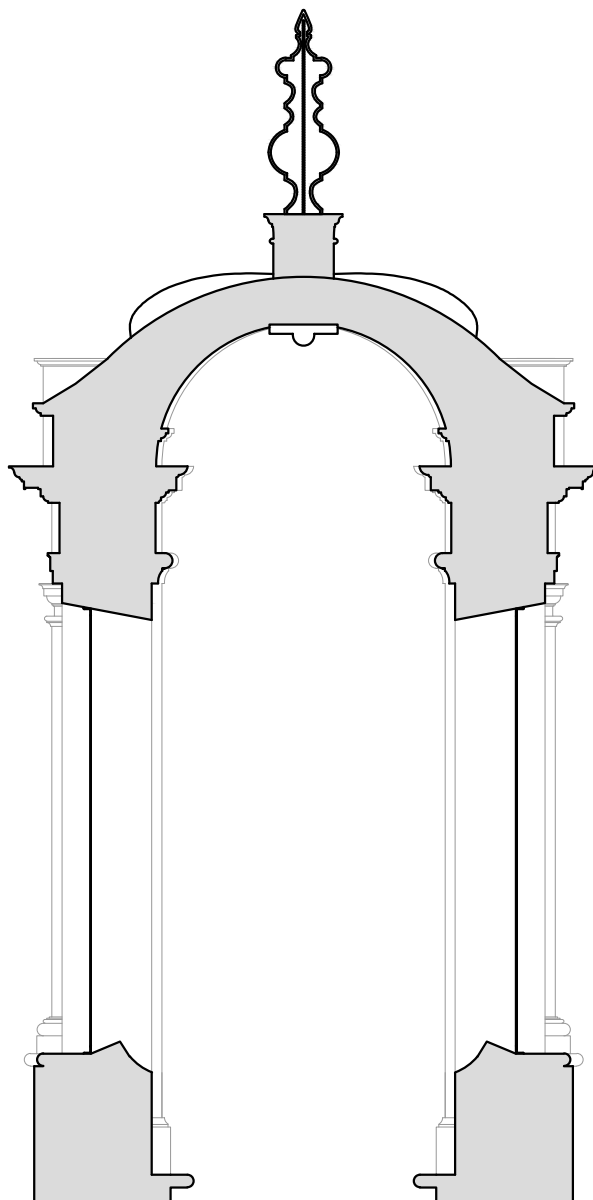
Firma

Nº: 01 /x

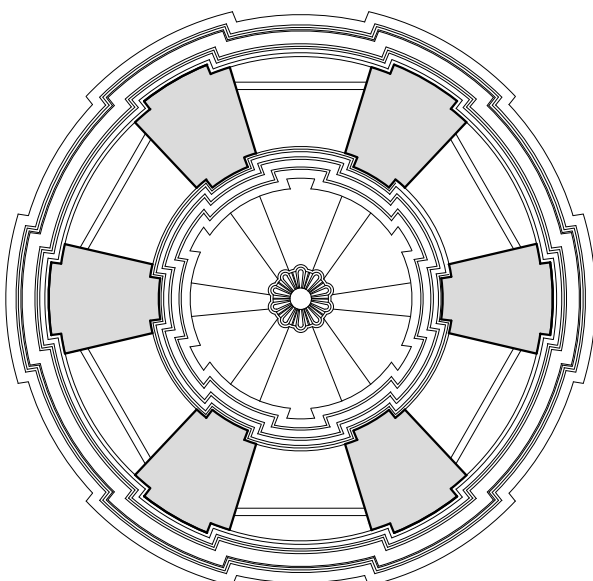




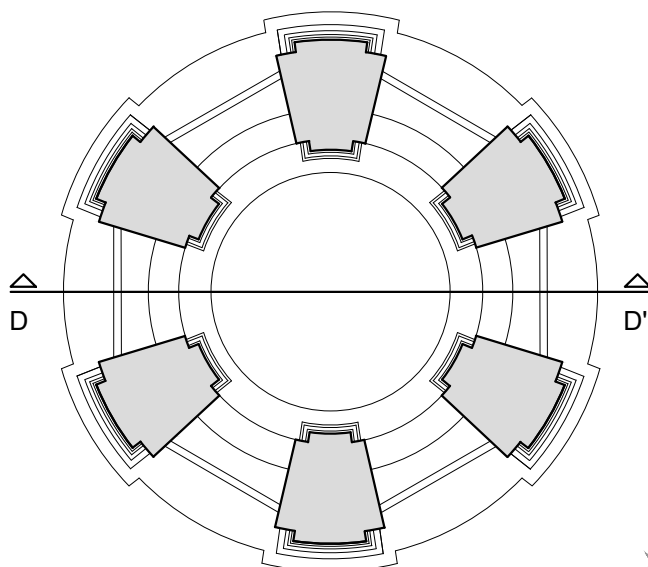
Alzado en verdadera magnitud



Corte D - D'



Sección C - C'



Sección B - B'



Modelado de información y digitalización de las linternas de la Antigua Fábrica de Tabacos de Sevilla

Autor: Francisco Javier Ornia Nuñez

Plano: Planimetría por método tradicional de la linterna L7

Escala: 1/30

Fecha: 25/01/2019

Escala gráfica:

0 0,5 1 m.

Firma

Nº:

02 /x







Perfil Derecho



Alzado



Perfil Izquierdo



Planta

Modelado de información y digitalización de las linternas de la  
Antigua Fábrica de Tabacos de Sevilla

Autor: Francisco Javier Ornia Nuñez  
Plano: Planimetría por fotogrametría de la linterna L7

Escala: 1/30  
Fecha: 25/01/2019

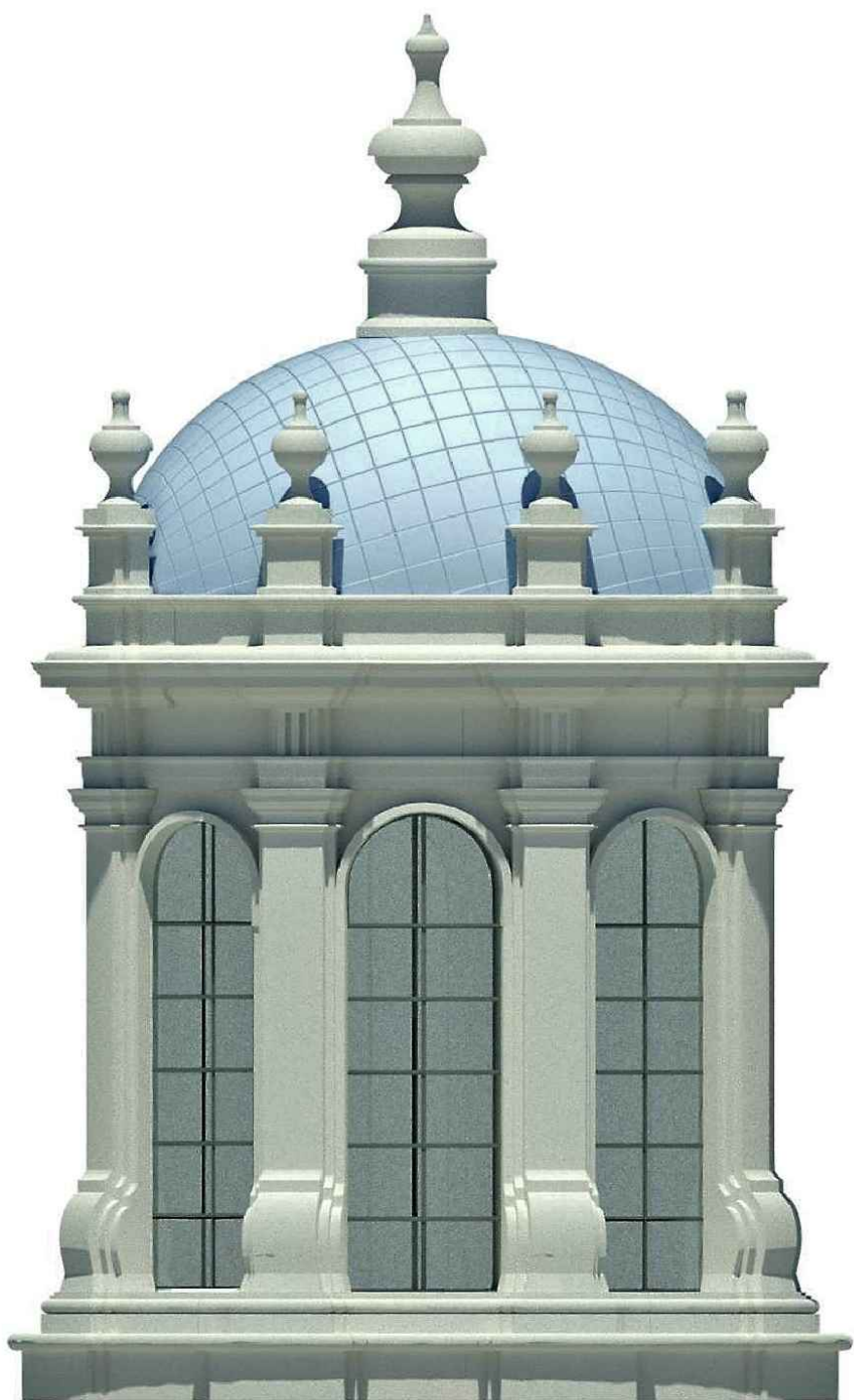
Escala gráfica:  
0 0,5 1 m.

Firma:

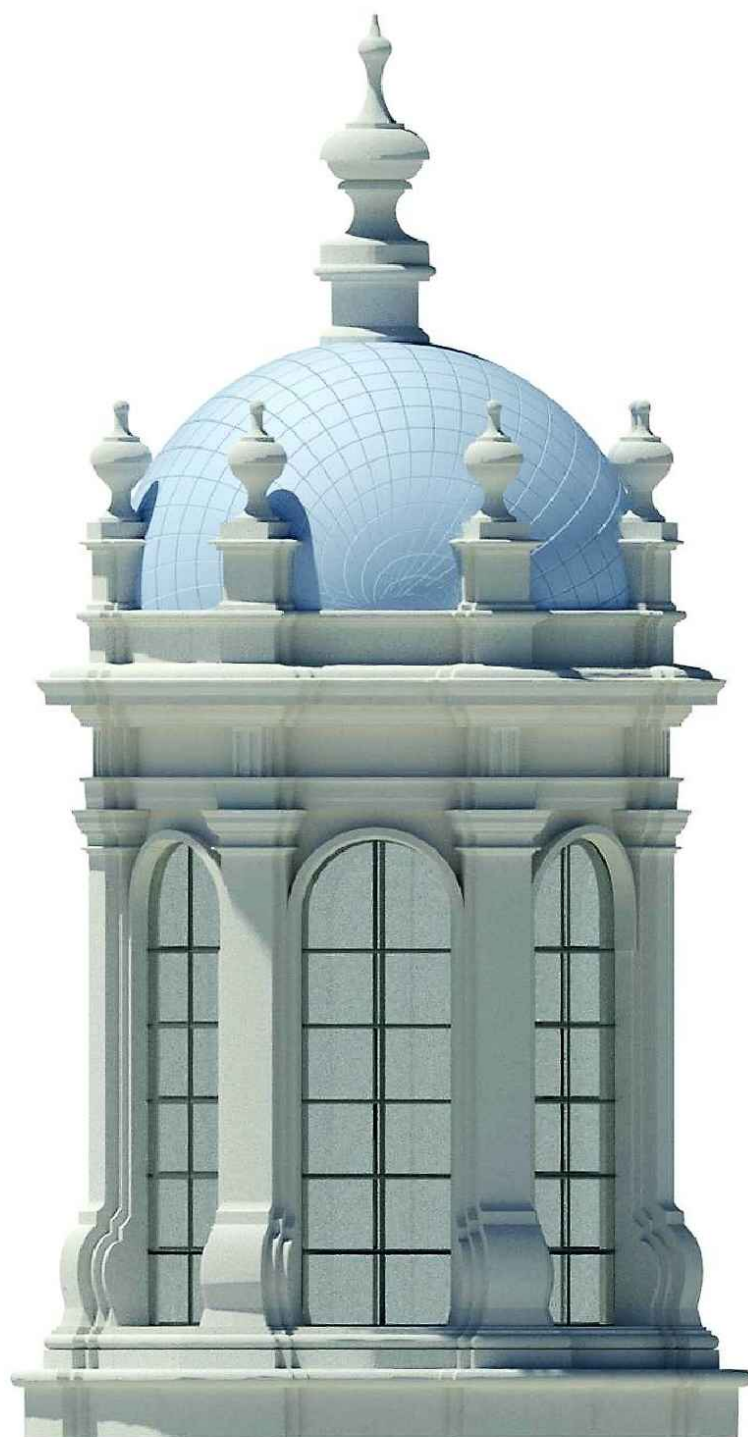
Nº: 03 /04



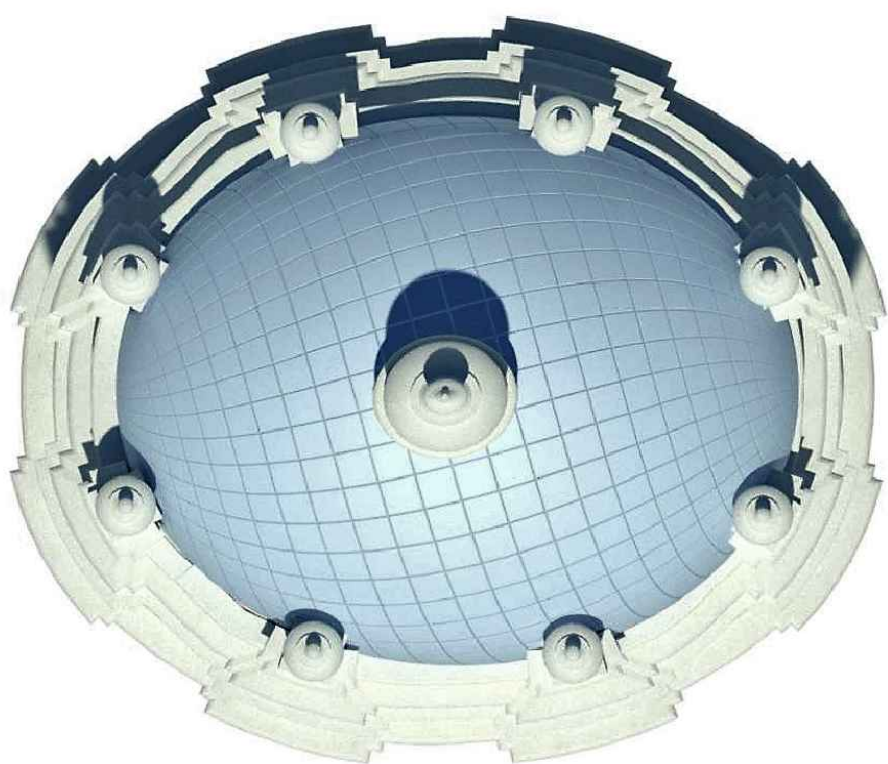




Alzado



Perfil



Planta




Axonometría sin escala

Modelado de información y digitalización de las linternas de la Antigua Fábrica de Tabacos de Sevilla

Autor: Francisco Javier Ornia Nuñez  
Plano: Planimetría por metodología BIM de la linterna L1

Escala: 1/30  
Fecha: 25/01/2019

Escala gráfica:  
0 0,5 1 m.

Firma:  N°: 04 /04

